

Aus der Poliklinik für zahnärztliche Prothetik
des Fachbereiches Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Freien Universität Berlin

(Direktor Prof. Dr. med. dent. Karl Eichner)

B I O L O G I S C H E T E S T M E T H O D E N
I N D E R D E U T S C H S P R A C H I G E N
L I T E R A T U R U N D I H R E B E D E U -
T U N G F Ü R D I E Z A H N H E I L K U N D E

Dissertation

zur

Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde
am Fachbereich Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von

Zahnärztin Petra Slotosch geb. Mathias
aus Berlin

1972

Aus der Poliklinik für zahnärztliche Prothetik
des Fachbereiches Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Freien Universität Berlin

(Direktor Prof. Dr. med. dent. Karl Eichner)

B I O L O G I S C H E T E S T M E T H O D E N
I N D E R D E U T S C H S P R A C H I G E N
L I T E R A T U R U N D I H R E B E D E U -
T U N G F Ü R D I E Z A H N H E I L K U N D E

Dissertation

zur

Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde
am Fachbereich Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von

Zahnärztin Petra Slotosch geb. Mathias
aus Berlin

Referent: Prof. Dr. Karl Eichner

Korreferent: Prof. Dr. Viohl

Gedruckt mit der Genehmigung des

Fachbereiches Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde

der Freien Universität Berlin.

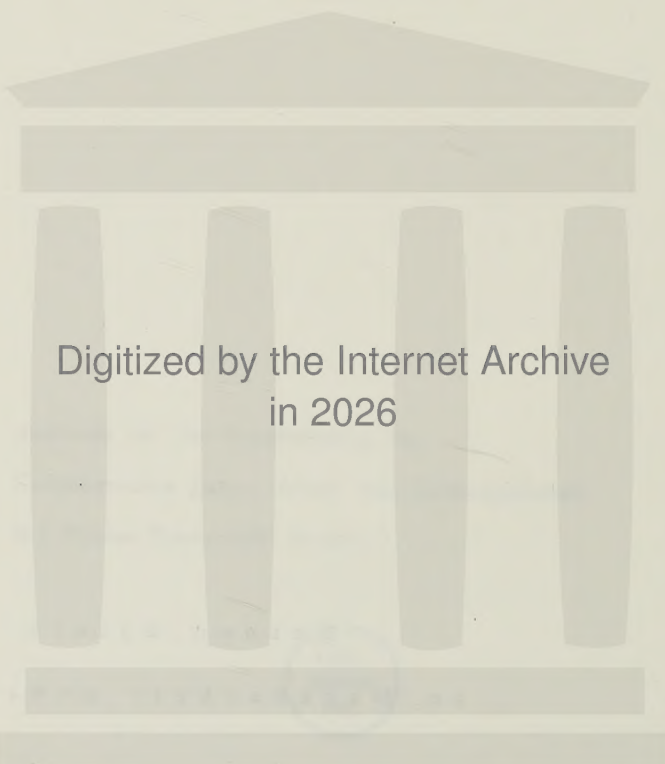


Promoviert am: 27.11.1972

I.	Einleitung	1
II.	Die Entwicklung der Wissenschaften	2
III.	Die Entwicklung der Naturwissenschaften	3
IV.	Die Entwicklung der Geisteswissenschaften	4
V.	Die Entwicklung der Sozialwissenschaften	5
VI.	Die Entwicklung der Medizin	6
VII.	Die Entwicklung der Kunst	7
VIII.	Die Entwicklung der Philosophie	8
IX.	Die Entwicklung der Religion	9
X.	Die Entwicklung der Politik	10
XI.	Die Entwicklung der Wirtschaft	11
XII.	Die Entwicklung der Gesellschaft	12
XIII.	Die Entwicklung der Kultur	13
XIV.	Die Entwicklung der Wissenschaften	14
XV.	Die Entwicklung der Naturwissenschaften	15
XVI.	Die Entwicklung der Geisteswissenschaften	16
XVII.	Die Entwicklung der Sozialwissenschaften	17
XVIII.	Die Entwicklung der Medizin	18
XIX.	Die Entwicklung der Kunst	19
XX.	Die Entwicklung der Philosophie	20
XXI.	Die Entwicklung der Religion	21
XXII.	Die Entwicklung der Politik	22
XXIII.	Die Entwicklung der Wirtschaft	23
XXIV.	Die Entwicklung der Gesellschaft	24
XXV.	Die Entwicklung der Kultur	25
XXVI.	Die Entwicklung der Wissenschaften	26
XXVII.	Die Entwicklung der Naturwissenschaften	27
XXVIII.	Die Entwicklung der Geisteswissenschaften	28
XXIX.	Die Entwicklung der Sozialwissenschaften	29
XXX.	Die Entwicklung der Medizin	30
XXXI.	Die Entwicklung der Kunst	31
XXXII.	Die Entwicklung der Philosophie	32
XXXIII.	Die Entwicklung der Religion	33
XXXIV.	Die Entwicklung der Politik	34
XXXV.	Die Entwicklung der Wirtschaft	35
XXXVI.	Die Entwicklung der Gesellschaft	36
XXXVII.	Die Entwicklung der Kultur	37
XXXVIII.	Die Entwicklung der Wissenschaften	38
XXXIX.	Die Entwicklung der Naturwissenschaften	39
XL.	Die Entwicklung der Geisteswissenschaften	40
XLI.	Die Entwicklung der Sozialwissenschaften	41
XLII.	Die Entwicklung der Medizin	42
XLIII.	Die Entwicklung der Kunst	43
XLIV.	Die Entwicklung der Philosophie	44
XLV.	Die Entwicklung der Religion	45
XLVI.	Die Entwicklung der Politik	46
XLVII.	Die Entwicklung der Wirtschaft	47
XLVIII.	Die Entwicklung der Gesellschaft	48
XLIX.	Die Entwicklung der Kultur	49
L.	Die Entwicklung der Wissenschaften	50
LI.	Die Entwicklung der Naturwissenschaften	51
LII.	Die Entwicklung der Geisteswissenschaften	52
LIII.	Die Entwicklung der Sozialwissenschaften	53
LIV.	Die Entwicklung der Medizin	54
LV.	Die Entwicklung der Kunst	55
LVI.	Die Entwicklung der Philosophie	56
LVII.	Die Entwicklung der Religion	57
LVIII.	Die Entwicklung der Politik	58
LIX.	Die Entwicklung der Wirtschaft	59
LX.	Die Entwicklung der Gesellschaft	60
LXI.	Die Entwicklung der Kultur	61
LXII.	Die Entwicklung der Wissenschaften	62
LXIII.	Die Entwicklung der Naturwissenschaften	63
LXIV.	Die Entwicklung der Geisteswissenschaften	64
LXV.	Die Entwicklung der Sozialwissenschaften	65
LXVI.	Die Entwicklung der Medizin	66
LXVII.	Die Entwicklung der Kunst	67
LXVIII.	Die Entwicklung der Philosophie	68
LXIX.	Die Entwicklung der Religion	69
LXX.	Die Entwicklung der Politik	70
LXXI.	Die Entwicklung der Wirtschaft	71
LXXII.	Die Entwicklung der Gesellschaft	72
LXXIII.	Die Entwicklung der Kultur	73
LXXIV.	Die Entwicklung der Wissenschaften	74
LXXV.	Die Entwicklung der Naturwissenschaften	75
LXXVI.	Die Entwicklung der Geisteswissenschaften	76
LXXVII.	Die Entwicklung der Sozialwissenschaften	77
LXXVIII.	Die Entwicklung der Medizin	78
LXXIX.	Die Entwicklung der Kunst	79
LXXX.	Die Entwicklung der Philosophie	80
LXXXI.	Die Entwicklung der Religion	81
LXXXII.	Die Entwicklung der Politik	82
LXXXIII.	Die Entwicklung der Wirtschaft	83
LXXXIV.	Die Entwicklung der Gesellschaft	84
LXXXV.	Die Entwicklung der Kultur	85
LXXXVI.	Die Entwicklung der Wissenschaften	86
LXXXVII.	Die Entwicklung der Naturwissenschaften	87
LXXXVIII.	Die Entwicklung der Geisteswissenschaften	88
LXXXIX.	Die Entwicklung der Sozialwissenschaften	89
LXXXX.	Die Entwicklung der Medizin	90
LXXXXI.	Die Entwicklung der Kunst	91
LXXXXII.	Die Entwicklung der Philosophie	92
LXXXXIII.	Die Entwicklung der Religion	93
LXXXXIV.	Die Entwicklung der Politik	94
LXXXXV.	Die Entwicklung der Wirtschaft	95
LXXXXVI.	Die Entwicklung der Gesellschaft	96
LXXXXVII.	Die Entwicklung der Kultur	97
LXXXXVIII.	Die Entwicklung der Wissenschaften	98
LXXXXIX.	Die Entwicklung der Naturwissenschaften	99
LXXXXX.	Die Entwicklung der Geisteswissenschaften	100

Meinen Eltern

in Dankbarkeit gewidmet



Digitized by the Internet Archive
in 2026

INHALTSVERZEICHNIS

1.	EINLEITUNG	6
2.	HAUPTTEIL	8
2.1	BIOLOGISCHE TESTMETHODEN AM MENSCHEN	8
2.1.1	Die Mundhöhle	8
2.1.1.1.1	<u>Die Schädigungen der Behandlungsmethoden auf</u>	8
2.1.1.1.1.1	Pulpa	9
2.1.1.1.1.2	Zahnhartsubstanz	11
2.1.1.1.1.3	Zusammenfassung	14
2.1.1.2	<u>Die Schädigungen der Werkstoffe auf</u>	16
2.1.1.2.1	Pulpa	16
2.1.1.2.2	Zahnhartsubstanz	21
2.1.1.2.3	Schleimhaut	25
2.1.1.2.4	Subepitheliales Gewebe	30
2.1.1.2.5	Zusammenfassung	34
2.1.1.3	<u>Veränderungen der Werkstoffe in der Mundhöhle</u>	36
2.1.1.3.1	Beanspruchung durch Kaukräfte	36
2.1.1.3.2	Abrasion	40
2.1.1.3.3	Korrosion	42
2.1.1.3.4	Temperaturänderungen	49
2.1.1.3.5	Verfärbung	51
2.1.1.3.6	Zusammenfassung	56
2.1.1.4	<u>Wechselwirkungen zwischen Bakterien und Werkstoffen</u>	58
2.1.1.4.1	Die Wirkungen der zahnärztlichen Werkstoffe auf die Bakterien der Mundhöhle	58
2.1.1.4.2	Die Wirkungen der Bakterien auf die Werkstoffe	62
2.1.1.4.3	Zusammenfassung	67

2.1.2	Der Gesamtorganismus	68
2.1.2.1	<u>Intoxikation</u>	69
2.1.2.1.1	Verdauungstrakt	69
2.1.2.1.2	Respirationstrakt	72
2.1.2.1.3	Haut	74
2.1.2.1.4	Blutkreislauf	74
2.1.2.2	<u>Allergische Reaktionen</u>	74
2.1.2.3	<u>Karzinogene Wirkung</u>	78
2.1.2.4	Zusammenfassung	79
2.2	VERSUCHE AM TIER	82
2.2.1	<u>Wirkung von gefährlichen Substanzen</u>	82
2.2.1.1	stark toxisch	83
2.2.1.2	toxisch	83
2.2.1.3	ätzend	85
2.2.1.4	allergisch sensibilisierend	85
2.2.1.5	photodynamisch sensibilisierend	86
2.2.2	<u>Technik der Toxizitätsprüfung</u>	86
2.2.2.1	akute Vergiftung	86
2.2.2.2	chronische Vergiftung	88
2.2.3	<u>Prüfung von Reizstoffen (Irritantien)</u>	89
2.2.3.1	Schleimhautreizstoffe	89
2.2.3.2	Hautreizstoffe	90
2.2.3.3	Stoffe mit sensibilisierender Wirkung	91
2.2.4	<u>Prüfung auf kanzerogene Wirkung</u>	92
2.2.4.1	Fütterungsversuche	93
2.2.4.2	Injektionsversuche	93
2.2.4.3	Implantationsversuche	93

2.2.5	Testmethoden für zahnärztliche Werkstoffe	94
2.2.5.1	<u>Füllungsmaterialien</u>	94
2.2.5.1.1	Versuche an der Pulpa des Tieres	94
2.2.5.1.2	Versuche an pulpenähnlichem, tierischem Bindegewebe	100
2.2.5.2	<u>Füllungsmaterialien für Wurzelkanäle</u>	102
2.2.5.3	<u>Abdruckmaterialien</u>	106
2.2.5.4	<u>Implantationsmaterialien</u>	108
2.2.6	Zusammenfassung	111
3.	ZUSAMMENFASSUNG	114
4.	LITERATURVERZEICHNIS	118

1. EINLEITUNG

Der vorzeitige Verlust der Zähne oder ihre teilweise Zerstörung zwingt die konservierende und prothetische Zahnheilkunde als therapeutische Maßnahme dem lebenden Organismus körperfremde Werkstoffe für kürzere oder längere Zeit einzugliedern. Es ist nun wichtig zu wissen, was darf dem lebenden Organismus beim Eingliedern artfremder Werkstoffe zugemutet werden und welche Anforderungen werden an ein Material gestellt, das dem menschlichen Organismus eingegliedert werden soll (16). Um diese Frage zu beantworten, sind Testmethoden erforderlich, die allgemein gültig und jederzeit reproduzierbar sind. Dies ist für physikalische und chemische Testmethoden seit langem durchgeführt worden. Die Ergebnisse sind in Aufstellungen nationaler oder internationaler Normen ausführlich dargelegt und durch Minimalforderungen zahlenmäßig festgelegt. Weitaus schwieriger

ist die Durchführung und Standardisierung notwendiger, biologischer Testmethoden. Bei dieser Arbeitsweise ist der lebende Organismus mit in die Prüfung einbezogen.

In dieser Arbeit wird versucht, in der deutschsprachigen, zahnärztlichen Literatur biologische Testmethoden aufzufinden und auf ihre zahnärztlichen Belange hin zu beurteilen. Es sollen Materialien und Arbeitsmethoden, jedoch keine in der Zahnheilkunde verwendeten Medikamente berücksichtigt werden.

2. HAUPTTEIL

2.1 BIOLOGISCHE TESTMETHODEN AM MENSCHEN

Die Unschädlichkeit der zahnärztlichen Hilfsmittel sollte eine grundsätzliche Forderung sein. So selbstverständlich dies erscheint, so schwierig ist ihre Verwirklichung in jedem Falle. Schädigungen durch zahnärztliche Behandlung können in der

1. Mundhöhle und auch am

2. Gesamtorganismus

auftreten.

2.1.1 Die Mundhöhle

2.1.1.1 Die Schädigungen der Behandlungsmethoden auf

1. Pulpa

2. Zahnhartsubstanz

Neben den Materialien können bereits die Behandlungsmethoden eine pathologische Reaktion im Zahn hervorrufen. Dabei sind das Bohrtrauma sowie Kälte- und Wärmereize von Bedeutung. Die Reibungswärme zwischen einem rotierenden Instrument und der Dentinoberfläche ist das Thema der folgenden Untersuchungen.

2.1.1.1.1 Pulpa

Je kleiner das Volumen des zu beschleifenden Zahnes ist, desto eher wird die für Pulpenschädigung kritische Temperatur von 50°C erreicht. Besonders gefährdet sind deshalb untere Frontzähne.

HOFMANN (78) stellte Temperaturmessungen mit Hilfe eines Thermoelements an, welches er in frisch extrahierten Zähnen durch den Wurzelkanal bis zum Pulpdach einführte.

POLMANN - MOOY (141) benutzte bei seinen Untersuchungen gleichartige Prüfkörper aus Elfenbein und aus dem Dentin extrahierter menschlicher Molaren. Folgendes Ergebnis resultierte aus diesen Untersuchungen: Verbleibt bei Präparationsarbeiten mit hoch- und höchsttourigen Instrumenten am vitalen Zahn eine Dentinschicht von 0,5 mm, so ist am Pulpdach mit Temperaturanstiegen von 2,5 bis $5,3^{\circ}\text{C}$ zu rechnen, wenn mit Spray- bzw. Wasserkühlstrahlung gearbeitet wird.

Es wurden von WEDER (197) bei Patienten im Alter von 9 bis 60 Jahren 26 kariesfreie, bleibende Zähne, die bevorzugt aus kieferorthopädischen Gründen extrahiert werden mußten, zur Untersuchung herangezogen. Die verwendeten Drehzahlbereiche bei der Präparation reichten von 40 000 U/min. bis

250 000 U/min. Die Präparation erfolgte mit und ohne Spraykühlung. Die Reaktion der Pulpa war weniger von den unterschiedlichen Umdrehungsbereichen abhängig als weit mehr von der Tatsache, ob mit oder ohne Spray beschliffen wurde. Ohne Sprayberieselung waren auch bei 40 000 U/min und 80 000 U/min Hohlraumbildungen, Vakuolen in der Odontoblastenschicht, Gefäßreaktionen, Infiltrationen, ödematöse Durchtränkung und nekrotische Veränderungen zu verzeichnen.

Die Ergebnisse stimmen mit denen von STEIN (175), MÜHLEMANN (127), HOFMANN (78) und MAEGLIN (115) überein. Die festgestellten Veränderungen waren in den meisten Fällen reparabel. Nur in drei Fällen schienen die Pulpaveränderungen irreparabel, einmal wurde zu nah am Pulpenhorn gearbeitet, im zweiten Fall bei 80 000 U/min und im dritten Fall bei 40 000 U/min ohne Sprayberieselung.

Die Reaktion der Pulpa wurde außerdem durch die Stärke des verbleibenden Dentins beeinflusst. Je dünner die verbliebene Dentinschicht war, desto stärker war die Reaktion der Pulpa.

WEDER (197) folgerte aus ihren Untersuchungen, daß die Hauptfaktoren für eine Schädigung des Zahnmarks höchstwahrscheinlich in der Wärmeentwicklung und Druckanwendung liegen. Wichtig ist, daß das Weglassen der Sprayberieselung während der Präparation, selbst wenn keine Schmerzen auftreten, gefährvoll für die Pulpa ist.

2.1.1.1.2 Zahnhartsubstanz

FECHNER (33) stellte fest, daß das Fräsen im Vergleich zum Schleifen durchweg geringere Temperaturerhöhungen hervorruft. Dies erklärt sich durch eine geringe Anzahl der Bohrschneiden, die eine geringere Reibungswärme erzeugen.

Die histologischen Untersuchungen von STEIN (175) bestätigen dies. Er fand bei Verwendung von Diamantschleifern im Gegensatz zu Hartmetallfissurenbohrern stets größere Dentinveränderungen. An frisch extrahierten Zähnen sind von STEIN (175) mit Drehzahlen von 6 000, 20 000, 40 000, 80 000 und 300 000 bis 395 000 U/min unter verschiedenen Kühlbedingungen bukkal bzw. labial und palatal bzw. lingual nierenförmige Zahnhalskavitäten präpariert worden. Anschließend wurden die Zähne in der Längsachse halbiert, so daß jeder der beiden Zahnhälften die unter gleichen Bedingungen präparierten Kavitäten aufwies. Die eine Zahnhälfte wurde histologisch auf thermische Schädigung

gung des Dentins durch Reibungswärme, die andere auf Härte im kavitätennahen Schmelz und Dentin untersucht.

Ein Zusammenhang zwischen thermischer Schädigung und daraus resultierendem Härteabfall im Dentin wurde nicht bestätigt.

Aufnahmen von FEZER und SCHRAY (35) mit dem Operationsmikroskop zeigen die Oberflächenveränderungen der Zahnschubstanz nach der Präparation mit den Airotor-Instrumenten, ferner mit Instrumenten der herkömmlichen Bohrmaschine. Es wurde herausgestellt, daß das ideale Instrument für den Airotor der Fissurenbohrer ohne Querhieb ist, da er eine glatte Oberfläche hinterläßt.

Ebenso wie ADOLPH (2) empfehlen auch FEZER und SCHRAY (35) bei Verwendung von Diamantschleifern und Fissurenbohrern mit Querhieb das Nacharbeiten mit der herkömmlichen Bohrmaschine.

Der Geruch nach verbranntem Horn und Brandspuren im Dentin sind eindeutige Beweise für das Auftreten zu hoher Temperaturen am Ort der Bohreinwirkung. Histologisch zeigen die ohne Kühlung bearbeiteten Kavitätinnenwände eine dünne verkohlte Schicht. Oft finden sich in der oberflächlichsten, ver-

kohlten Dentinschicht lunkerartige, wie ausgestanzte, Hohlräume (MAEGLIN 115). Die freigelegten Dentinkanälchen sind im Bereich der Verbrennungsspuren des Dentins leer. Die Odontoblastenfortsätze, von denen bei feuchter Präparation einzelne aus den Tubuli am Kavitätenboden deutlich sichtbar herausragen, sind offenbar unter dem Einfluß der Bohrhitze verbrannt.

ADOLPH (1) unternahm elektronenmikroskopische Untersuchungen über die Struktur von Dentinwundflächen, wie sie bei nieder- und höchsttouriger Bearbeitung des Dentins mit einer zylinderförmigen Fräse entstehen. Ihn interessierte dabei besonders der Einfluß, den das kontinuierliche Einwirken von Preßluft, Spray oder Wasserstrahl während der Präparation auf die Oberflächenbeschaffenheit ausübt. Damit die instrumentelle Freilegung des Dentins möglichst wenig pathologische Reaktionen im Bereich der organischen Substanzen im Dentin und der Pulpa zur Folge hat und um der gefährlichen Austrocknung des Dentins während der Präparation vorzubeugen, sollte das Dentin stets bei möglichst hohen Umdrehungszahlen mit geringem Druck naß beschliffen werden.

Aus den Untersuchungen ergab sich, daß die Dentinkanälchen unter der stauchenden Einwirkung des Präparationsinstruments verengt und verschlossen werden und daß durch die höchsttourige Arbeitsweise die geformte organische Substanz während der Verletzung, im Gegensatz zur niedertourigen, nicht mehr grob gezerzt, gerissen und gequetscht wird. Diese Verletzungsart entspricht vielmehr dem chirurgischen glatten Schneiden. Feinstkörniger Dentinstaub, dessen organische und anorganische Partikel einen Durchmesser von nur 100 Å bis 500 Å haben können, lagert sich als dünne und kontinuierliche Schicht auf der ganzen bearbeiteten Dentinoberfläche ab. Die aus dicht zusammengesintertem Dentinstaub bestehende Deckschicht war stets nach feuchter Präparation nachweisbar. Dieser körpereigene Belag kann als Wundverband angesehen werden, der die Austrocknung erschwert.

2.1.1.1.3 Zusammenfassung

Aus den Untersuchungen geht hervor, daß Schädigungen des Zahnes durch das Bohrtrauma möglich sind. Sie manifestieren sich am Zahnmark und an den Zahnhartsubstanzen. Die Ursache ist beim Temperaturanstieg während des Bohrens und Schleifens

zu suchen. Dieser ist mit dem Thermoelement am Pulpendach gemessen worden. Die entstandenen Veränderungen an der Pulpa und den Dentinwundflächen sind in histologischen Präparaten dargestellt worden.

Geeignet für die biologische Prüfung nach hoch- und höchsttouriger Präparation, sind kariesfreie, bleibende Zähne, die aus kieferorthopädischen Gründen extrahiert werden müssen.

Die Ergebnisse der Untersuchungen sind einheitlich und bestätigen die klinische Erfahrung: Die Reaktion der Pulpa bei Verwendung von hoch- und höchsttourigen Drehzahlbereichen ist von der Stärke der Dentinschicht am Pulpdach und von der Tatsache abhängig, ob mit oder ohne Sprayberieselung beschliffen wurde. Ein Zusammenhang zwischen thermischer Schädigung und daraus resultierendem Härteabfall im Dentin wurde nicht bestätigt. Um pathologische Reaktionen an den Dentinwundflächen und an der Pulpa auszuschließen, sollte stets bei hohen Umdrehungszahlen mit geringem Druck unter Wasserkühlung beschliffen werden.

Ob Schädigungen am Zahn bereits durch die Anwendung der herkömmlichen Bohrmaschine oder durch andere seit Jahrzehnten angewandten Behandlungsmethoden auftreten, ist nicht systematisch untersucht worden.

2.1.1.2 Die Schädigungen der Werkstoffe auf

1. Pulpa
2. Zahnhartsubstanz
3. Schleimhaut
4. subepitheliales Gewebe

2.1.1.2.1 Pulpa

Trotz der ungünstigen Wirkung der Silikatzemente auf die Pulpa, haben sie in der konservierenden Zahnheilkunde für Frontzahnfüllungen einen festen Platz eingenommen. Zu ihrem guten, zahnähnlichen Aussehen kommt die relativ einfache Verarbeitungsweise.

Die Silikatzemente bestehen in der Hauptsache aus

Al_2O_3 (etwa 50 %)
 SiO_2 (20 bis 30 %) und
 CaO (5 bis 15 %) .

Die Flüssigkeit enthält außer Phosphorsäuregemischen auch Zink und Aluminiumverbindungen (16). Durch den Säureüberschuß im plastischen Zement wird dem Dentin und auch der Pulpa, besonders, wenn die Dentinschicht nur gering ist, sehr energisch Gewebsflüssigkeit entzogen. Schwere Zirkulationsstörungen der Pulpa können die Folge sein. Normalerweise soll der Säurestoß nur in den ersten 24 Stunden wirksam sein, er wird verlängert, wenn die Silikatzemente falsch verarbeitet werden (4).

Das in einigen Silikaten als Verunreinigungsprodukt nachweisbare Arsentrifioxyd gilt ebenso wie das häufig vorhandene Fluor durch Entstehung von Fluorwasserstoffsäure als pulpaschädigend (76).

RINNE (148) konnte von 100 untersuchten Zähnen mit Silikatfüllungen ohne Unterfüllung bei 44 devitale Pulpen und 31 teilnekrotische Pulpen finden. Die Silikatfüllungen wiesen keine sekundäre Karies und guten Randschluß auf. In seinen Untersuchungen füllte er frisch extrahierte Zähne mit Silikat.

Die Pulpa wurde vom erweiterten Foramen apicale ausgeräumt und der Wurzelkanal gereinigt. Nun bestand zwischen Silikatfüllung und Pulpenkavum eine ganz dünne Dentinwand. Das Äußere des Zahnes wurde mit Wachs überzogen und neutrales Aqua destillata in den Wurzelkanal gepumpt. Es trat eine langsame Änderung des pH ins Saure ein. Der pH betrug im Durchschnitt 3,5 , nach 5 Tagen war noch ein pH von 5,9 zu verzeichnen. Nach erneuter Neutralisation des Untersuchungsmaterials sank der pH nach einer Stunde erneut ab. Das Silikat gab auch jetzt noch Säure ab. Bei einer wirksamen Unterfüllung (RINNE(148) nahm ZnO-Tymol) trat keine Änderung des pH-Wertes ein.

Auch BARTELT (4) stellte fest, daß aus allen Silikatzementen noch nach Tagen erhebliche Phosphorsäuremengen extrahierbar sind. Steinzemente reagieren im Durchschnitt etwas weniger sauer als Silikatzemente.

BOCK (9) beurteilte bei 50 Patienten mit Spiegel und Sonde, Vitalitätsprobe mit Kohlensäureschnee und Röntgenaufnahmen 220 Silikatzementfüllungen, die 1 bis 5 Jahre alt waren. Sie fand dabei 7 %

devitale Zähne, davon 3 % mit und 4 % ohne Wurzelfüllung. 4 % der Silikatfüllungen wiesen Sekundärkaries auf. Somit ist die Mißerfolgsquote bei richtiger Verwendung und legen einer geeigneten Unterfüllung als gering zu betrachten.

Ebenso wie beim Silikatzement muß beim Legen einer Kunststofffüllung ohne Unterfüllung mit pathologischen Veränderungen der Pulpa gerechnet werden. Es handelt sich dabei um Gefäßerweiterungen und Stase im Bereich der Odontoblastenzone. Verantwortlich für diese Erscheinung ist in erster Linie der monomere Methacrylsäureester, der wegen seiner Lipoidlöslichkeit und Grenzflächenaktivität äußerst rasch durch das Dentin zu diffundieren vermag. Mit einiger Wahrscheinlichkeit sind auch die Akzeleratoren nicht ganz harmlos (92, 16).

Als ein Polyester gehört Cadurit in die Gruppe der thermoplastischen Kunststoffe. In den klinischen Untersuchungen, die MOGG (125) durchführte, wurde Cadurit nur auf Unterfüllungen gelegt. Hierbei wurde keine Reizung oder Erkrankung der Zahnpulpa festgestellt.

BÜNGER (12) untersuchte die Zähne von 35 Patienten im Alter von 11 bis 61 Jahren. In Bezug auf die Vitalität der Zähne stellte er fest, daß Caduritfüllungen ohne Unterfüllung auch in Pulpennähe gelegt werden können, ohne daß klinisch feststellbare Irritationen auftreten. Die histologischen Untersuchungen der Präparate im Lichtmikroskop ließen keine pathologische Wirkung durch Cadurit finden. Er nimmt somit an, daß Cadurit keine toxische Wirkung auf die Pulpa menschlicher Zähne ausübt und bezeichnet diesen Kunststoff als den ersten, der ohne Unterfüllung auch in Pulpennähe verwendet werden kann. Einer guten Randdichte stehen die Tendenz zur Verfärbung und die unzureichende Härte nachteilig gegenüber.

Das Amalgam als Füllungswerkstoff der Zähne wird im Prämolaren- und Molarengebiet allgemein anerkannt und vorwiegend benutzt (16). Amalgam ist eine Legierung aus einem oder mehreren Metallen mit Quecksilber (16). Die Amalgamfeilung besteht in ihrer heutigen Zusammensetzung

aus etwa:	67 % Silber,
	25 % Zinn ,
	6 % Kupfer.

Aus dem Gemisch von Feilung und Quecksilber entsteht Amalgam.

Untersuchungen von JAGELLA (83) schreiben dem Amalgam eine Reizwirkung auf die Pulpa zu. Von 55 frisch extrahierten Zähnen mit 66 Amalgamfüllungen sind von ihm Zahnschliffe angefertigt worden, die zur mikroskopischen Untersuchung gelangten. Das Hauptaugenmerk lag hierbei auf der Höhe der Sekundärdentinanlagerung unter dem Amalgam einerseits mit, andererseits ohne Unterfüllung. Die zahlenmäßige Gegenüberstellung ergab folgende interessante Ergebnisse: Amalgam wirkt auf die Pulpa als Reiz. Im Raum unter der Füllung bilden die Odontoblasten neues sekundäres Dentin. Das Pulpengewebe bleibt vital. Unter Phosphatzement lagern die Odontoblasten kein oder wenig Sekundärdentin ab, sondern verlieren ihren Charakter oder atrophieren retikulär.

2.1.1.2.2 Zahnhartschubstanz

WENDEBORN (200) fand bei seinen Untersuchungen über das Eindringen von Metallteilchen aus Füllungen keilförmige Einlagerungen in den Dentinkanälchen, die aus dem Amalgam stammen. Die Teilchen lagen in der Wand der Dentinkanälchen und auch in den Tomesschen Fasern. Er beobach-

tete auch die gleiche keilförmige Einwanderung von einer kleinen kariösen Stelle aus. Es stammte aus dem Amalgam benachbarter Füllungen.

WERNER (203) stellte bei seinen ~~funkenspektrogra-~~phischen Untersuchungen fest, daß sämtliche im Amalgam befindlichen Metalle im Zahnhartgewebe amalgamgefüllter Zähne vorhanden sind. Zn, Cu und Hg sind im Zahn gleichmäßig verteilt. Bei den Edelmetallen sind die Spektrallinien, besonders im Wurzelteil intensitätsschwächer und seltener.

WERNER (203) nimmt an, daß Zn, Cu und Hg schneller von dem Dentinliquor im Zahn angegriffen werden als Au und Ag. Die Bestätigung seiner Ergebnisse fand er auch bei ultramikroskopischen Untersuchungen.

Da die Mitteilungen von WENDEBORN (200) und WERNER (203) sich auf ein Zahnmaterial gründen, das bereits vor der Extraktion devitalisiert worden war, taucht die Frage auf, wie eine solche Einwanderung bei vitalen, amalgamgefüllten Zähnen sich darstellt.

UHLIG (189) untersuchte amalgamgefüllte und kariesfreie Zähne am Schnittpräparat im Dunkelfeld. Bei beiden Arten finden sich normale Einlagerungen von Schwermetallen, bei den gefüllten außerdem von der Kavität aus kontinuierlich sich bis zur Pulpa ziehende Zonen, in denen Metallablagerungen von Amalgamteilchen entweder in der Wandung oder dem Tomesschen Fortsatz folgend, vorhanden sind. Die Ausbreitung dieser Zone weist auf eine vitale Durchströmung des Zahnbeins hin, durch die die Amalgamteilchen von der Füllung gelöst und zur Pulpa geschwemmt werden. Veränderungen im Gewebe der Pulpa können vielleicht als Folge einer Metallsalzwirkung gedeutet werden (189).

KRAUS (98) berichtet, die Diffusion des Amalgams im Dentin ist eindeutig, sie vollzieht sich in Richtung auf die Wurzelspitze. Hier liegt die Grenze der Einwanderung der Amalgamteilchen. Ob der Zementmantel der Zahnwurzel eine weitere Diffusion verhindert, mag dahingestellt bleiben. Alle Amalgamteilchen diffundieren im Verhältnis ihrer Legierung. KRAUS (98) führte ihre Untersuchungen mit dem Elektrospektrographen durch. Sie weist darauf hin, daß man an einer Zahnwurzel nicht nur nachweisen kann, ob der betreffende Zahn eine Amalgamfüllung getragen hat oder nicht, ferner

Zusammensetzung des verwendeten Amalgams zu prüfen.

SCHWARZE (160) untersuchte das Eindringen von Metallteilchen in die Zahnhartsubstanzen mit Hilfe von Spektralanalysen. Um den Metall- insbesondere den Quecksilbergehalt des Dentins festzustellen, wurden Zähne verschiedenen Erhaltungszustandes an unterschiedlichen Stellen angebohrt. Aus den Pulverproben wurde der Metallgehalt bestimmt. Es zeigte sich, daß die Wanderung der Amalgambestandteile ins Dentin nach Maßgabe ihres Prozentgehalts in der Füllung geschieht. Die Wanderungsrichtung ist von der Füllung gegen die Wurzel hin gerichtet, da hier der gleiche Prozentgehalt wie in der Füllung nachzuweisen ist, wenn auch in abnehmender Menge. Eine Diffusion, die besonders ein bestimmtes Element betrifft, konnte nicht festgestellt werden. Der Quecksilbergehalt der Proben reichte von 0,003 % bis 0,2 %, da sie unterschiedlich weit von der Füllung entfernt entnommen wurden.

Durch Neutronenaktivierung konnte MOCKE (123) den diffundierten Elementgehalt von Zähnen mit

Amalgamfüllungen bestimmen. Er machte die Feststellung, daß alle Amalgambestandteile diffundieren, besonders stark jedoch das Zinn.

Dies entspricht auch den ermittelten Ergebnissen von WENDEBORN (200), jedoch nicht den Aussagen von KRAUS (98) und SCHWARZE (160), die berichten, daß alle Amalgambestandteile "im Verhältnis ihrer Legierung" diffundieren.

2.1.1.2.3 Schleimhaut

EGLI (21) untersuchte die krankhafte Beeinflussungsmöglichkeit der Mundschleimhaut durch Kunststoffe und verglich das unterschiedliche Verhalten von Porzellan und Palapont. Zu diesem Zweck konstruierte er Brücken, bei denen einerseits Kunststoff und andererseits Porzellan mit der Schleimhaut direkt in Kontakt gebracht wurde. Nach 16 Monaten fand EGLI (21) bei der klinischen Beurteilung der Schleimhaut unter dem Kunststoffzwischenglied stark geschwollene und ulzerierende Stellen. Histologisch wurde festgestellt, daß das normale Epithel fast ganz verschwunden und daß das Gewebe stark mit Lymphozyten durchsetzt war. Im Vergleich dazu war die Schleimhaut unter Porzellankonstruktionen fast frei von pathologischen Erscheinungen.

SEIDEL (163) untersuchte die Mundschleimhautreaktionen nach flächiger Berührung von Porzellan, Kunststoff und Metall. Insbesondere wurde geprüft, ob die Facetten der Schleimhaut anliegen dürfen. Die Gingiva wurde klinisch und teilweise histologisch auf die Reaktion bei

1. vakuumgebranntem-
2. poliertem-
3. angeschliffenem Porzellan

untersucht.

Das glasierte Porzellan hatte die geringste Reizwirkung auf das Gewebe. Klinisch war unter derartigen Facetten kein pathologischer Befund zu erheben. Die histologischen Präparate zeigten geringfügige Veränderungen, wie Akanthose und bläschenartige Quellung von Epithelzellbezirken. Es waren keine Beläge auf den Glasurflächen zu erkennen. Die polierten Flächen des im Vakuum gebrannten Porzellans erwiesen sich als nicht so gewebsfreundlich. Es waren durchweg Rötungen der Schleimhaut zu verzeichnen. Histologisch zeigten sich dazu Rundzellinfiltrate im Bindegewebe und dilatierte Gefäße. Bei unpoliertem angeschliffenem Porzellan ist der Befund noch ungünstiger.

Unter den Metallauflagen zeigten sich starke Hyperämien und Gewebsläsionen. An fast allen Metallbasen saßen Beläge, die sich trotz der Hochglanzpolitur gebildet hatten (163).

Die Kunststoffauflagen riefen in den meisten Fällen Ulzerationen auf der Schleimhaut hervor. Es hatten sich regelmäßig Beläge abgesetzt. Die Ausdehnung der Ulzerationen erstreckte sich jedoch kaum bis in die Submucosa. Die Patienten hatten bei eingesetzten Brücken auch keinerlei Beschwerden. Klinische Beobachtungen im Munde des Patienten und die histologische Untersuchung von entnommenen Gewebeproben führten zu folgendem Resultat: Nur beim glasierten Porzellan ist die Intensität des Reizes so gering, daß es das gegebene Material sein dürfte, wenn sich eine flächige Anlagerung von Brückengliedern nicht vermeiden läßt (163).

FASSBENDER (32) untersuchte das Verhalten der Mundschleimhaut unter herausnehmbaren Kunststoffprothesen. Die Aussagen über die Erscheinungsformen spezifischer Schleimhautreaktionen,

die durch Protheseneinwirkungen hervorgerufen werden können, fußten auf der Analyse der Prothesenmechanik und der Morphologie des Prothesenlagers unter Berücksichtigung der Kauvorgänge. Zu deren Begründung und Beweisführung wurden histologische Untersuchungen der Gewebeproben von 14 Prothesenträgern durchgeführt.

Es zeigte sich, daß Oberkieferprothesen, die nicht mehr fest auf ihrer Gewebeunterlage lagen, lippenwärts gerichtete Schubbewegungen vollführten. Der Frontzahnalveolarfortsatz ebnet sich unter diesen Impulsen allmählich ein. Die ihrer Knochenstütze beraubte Schleimhaut wird stärker beweglich. Es entsteht ein sogenannter Schlotterkamm. Sind die natürlichen Unterkieferfrontzähne noch vorhanden, vollzieht sich dieser Umwandlungsprozeß schneller und durchgreifender.

Es wurde beobachtet, daß die starke Nachgiebigkeit dieser veränderten Prothesenlagerzonen zu Dekubitalgeschwüren und Hyperplasien, speziell unter den Prothesenrändern, führen kann.

Eindrucksvoll zeigte sich im histologischen Bild,

daß die Bindegewebsfasern in Beanspruchungsrichtung geordnet sind. Die sonst regellos liegenden Fasern der Tunica Propria gruppieren sich also aufgabebezogen.

Auf dem Boden von chronischen Entzündungen, wie z. B. bei Verwendung von Gummisaugern, konnte eine Interposition von Fettgewebe und Gewebshyperplasien beobachtet werden. Prothesensättel, die auf zeltförmigen Kieferkämmen ruhen, veranlassen die erhöhte Verschiebefähigkeit der Gingiva Propria auf der knöchernen Unterlage im Bereich der Alveolarfortsatzabhängige. Histologisch wurde ein wellenförmiger Verlauf der Lamina epithelialis, sowie eine Neuordnung der Bindegewebszüge in Kraftrichtung festgestellt (32).

SPRETER VON KREUDENSTEIN (169) hat die Gaumenschleimhaut flächenhaft mit autopolymerisierendem Kunststoff in Verbindung gebracht, wie das bei der Unterfütterung geschieht. Das Resultat mahnt zur Vorsicht, denn es traten Reaktionen auf, wie ~~wir sie~~ bei den verschiedenen Graden von Verbrennungen ~~sehen~~.

Er machte die Feststellung, wie auch schon SPRENG (168) und KLIETZ (91), daß die toxische Wirkung auf der monomeren Flüssigkeit beruht. Durch beigefügte Amine (Akzeleratoren) steigert sich die schädigende Wirkung des flüssigen Monomers.

Die Kontaktalteration der Mundschleimhaut durch Kunststoffprothesen, bei denen die allergischen, mechanischen und thermischen Ursachen auszu-schließen sind, werden in der Hauptsache durch den Polymerisationsgrad und durch niedermolekularen und frühzeitig korrodierenden Kunststoff hervorgerufen (169).

STAEGEMANN (173) machte dazu eigene Versuche. Auf der Oberfläche dieser Kunststoffe sammeln sich entzündungserregende Substanzen, die indirekt die Ursache für Epithelveränderungen sind. Sorgfältig polymerisierte Methacrylat-Kunststoffe zeigten sich hingegen in jeder Beziehung reizlos (173).

2.1.1.2.4 Subepitheliales Gewebe

Die prothetische Versorgung der zahnlosen Kiefer unter zu Hilfenahme von Gerüstimplantaten ins subepitheliale Gewebe ist heute noch umstritten. SCHWINDLING (161) ist der Ansicht, daß mit einer unkorrekten Indikationsstellung ein Kunstfeh-

ler begangen wird. Das Risiko der schwierigen prothetischen Versorgungsverhältnisse falls ein Implantat entfernt werden muß, sollte in jedem Falle berücksichtigt werden. Die subperiostale Gerüstimplantation sollte nur am zahnlosen Unterkiefer bei zahnlosem Oberkiefer (totale Prothese als Gegenbiß) durchgeführt werden.

Die Erfahrungen von SCHWINDLING (161) erstrecken sich auf 15,5 Jahre. Von den 10 bisher durchgeführten Implantationen mußte bis zu diesem Zeitpunkt kein einziges Implantat entfernt werden.

MUTSCHELKNAUS (128) berichtet über die endossale Implantation von Porzellankörpern zur Aufnahme von Prothesen. Die dazu verwendeten Porzellanröhrchen haben einen Durchmesser von 2,5 mm und eine Wandstärke von 0,5 mm, sie zeigen eine glatte, homogene Oberfläche und ungewöhnliche Härte. Im Innern des Röhrchens befindet sich ein Golddraht, der mit einem teleskopartigen Aufbau versehen ist. Die Beobachtungszeit dieser implantierten Porzellananker erstreckte sich über acht Monate. Eine klinische Lockerung oder Abstoßungstendenz, sowie eine röntgenologisch nachweisbare Osteolyse war nicht festzustellen.

Die Resultate der Untersuchungen von FLOHR (42) sind ebenfalls positiv. Er ist der Ansicht, daß implantierte Kunstharzwurzeln keine besondere Fremdkörperreaktionen auslösen. Den Beweis brachten seine zahlreichen Implantationen von Kunststoffgerüsten, die entzündungsfrei einheilten und mehrere Jahre beobachtet wurden. Sein letzter Schritt war die Einpflanzung einer Prothese aus Kunstharzgeflecht, verstärkt durch eine Stahldraht-einlage, die er unter das Zahnfleisch auf das Periost im Unterkiefer implantierte. Zwei Monate nach der Implantation war die Prothese völlig mit Zahnfleisch bedeckt, nur die zahnähnlichen Fortsätze ragten in die Mundhöhle. Hierauf fertigte er eine gestützte Prothese mit Teleskopverankerung an. Er stellte eine außerordentliche Belastungsfähigkeit der Prothese fest, die ein Mehrfaches eines totalen Unterstückes betrug.

HEIN (67) hat untersucht, wie sich das Bindegewebe über der knöchern verheilten Extraktionswunde zwischen Periost und Stratum corneum der Alveolarkamm Schleimhaut regeneriert. Es interessierte dabei besonders, den Bindegewebsfaserverlauf zu studieren und anzugeben, ob eine runde oder ovale Form des von dem Implantat in die Mundhöhle ragenden Haltestiftes günstiger ist.

Die histologischen Bilder zeigten, daß das Epithel vom Kieferkamm entlang der Haltestifte in die Tiefe dringt. Der Stift wird wie eine Fremdkörperzyste eingeschieden. Um den Haltestift liegt mehrschichtiges Plattenepithel mit Ausbildung eines Papillarkörpers. Das Bindegewebe zeigt eine ringförmige Anordnung um den Haltestift. Im Bindegewebe sind Entzündungszellen eingelagert. Dort, wo der ovale Haltestift verwendet wurde, legt sich das Bindegewebe oval um den Haltestift. Es paßt sich sowohl der runden, als auch der ovalen Form an. Der Vorgang verläuft über eine Entzündung. Zuerst werden die oberen Schichten epithelisiert, dann die tieferen, bis der ganze Haltestift an keiner Stelle mehr einem von Epithel unbedeckten Gewebe anliegt. Vergleicht man diese Schnitte, mit denen von der Schleimhaut unbezahnter Kiefer, die kein Implantat trugen, so läßt sich kein Unterschied feststellen. Die Epitheloberfläche entlang der Haltestifte ist genauso angeordnet wie die Oberfläche der zahnlosen Mundschleimhaut.

Neben 3 Mundschleimhautexisionen verwandte HEIN (67) auch Präparate, die er von Leichen gemacht hatte. Insgesamt wurden an 45 Präparaten, 24

im OK und 21 im UK, der Bindegewebsfaserverlauf untersucht. Ein Unterschied zwischen OK und UK war nicht zu erkennen. Auch die Präparate von lebenden Objekten und denen der Leichen unterschieden sich nicht. Das Bindegewebe zeigt in allen Präparaten eine dichte, fast ringförmige Anlagerung an das Epithel. Die Formgebung der Haltestifte bei subperiostalen Gerüstimplantaten würde demzufolge am günstigsten sein, wenn diese eine runde und glatte Form hätten.

2.1.1.2.5 Zusammenfassung

Aus den Untersuchungen geht hervor, daß Schädigungen durch Materialeinflüsse an der Pulpa, den Zahnhartsubstanzen, der Mundschleimhaut und dem subepithelialen Gewebe möglich sind.

Für die biologische Prüfung sind experimentelle Untersuchungen an extrahierten Zähnen, sowie klinische und histologische Testmethoden anzuwenden.

Bei den Füllungswerkstoffen sind die Pulpareaktionen von besonderer Bedeutung. Es muß bei Verwendung von Silikat- und Silikophosphat sowie den Kunststoffen bei fehlender Unterfüllung mit Nekrosen

der Pulpa gerechnet werden. Dieses Ergebnis deckt sich mit der klinischen Erfahrung.

Es konnte außerdem die schon klinisch beobachtete Metallteilchenwanderung von Amalgam des gefüllten Zahnes ins Dentin experimentell bestätigt werden. Beweismethoden über schädliche Auswirkungen auf die Pulpa sind nicht erbracht worden.

Bei der prothetischen Versorgung mit herausnehmbarem oder festsitzendem Ersatz gilt der Gingiva besondere Beachtung. Flächige Anlagerung von Metall- und Kunststoffzwischengliedern führt zu pathologischen Erscheinungen an der Mundschleimhaut. Das im Vakuum gebrannte Porzellan zeigt die geringste Reizwirkung auf das Gewebe. Es dürfte das gegebene Material sein, wenn sich eine flächige Anlagerung nicht vermeiden läßt.

Prothesen, die aus niedermolekularem und frühzeitig korrodierendem Kunststoff gearbeitet sind, führen zu Kontaktalteration der Mundschleimhaut.

Die prothetische Versorgung durch Gerüstimplantate ist noch nicht praxisreif. Es muß mit Mißerfolgen gerechnet werden, die einerseits von dem verwendeten Material, aber auch von der chirurgischen Erfahrung des Arztes und von der richtigen Indikationsstellung abhängig sind.

Die angewandten Testmethoden beziehen sich auf einzelne Materialien. Sie sind häufig erst nach klinischen Mißerfolgen zur experimentellen Erprobung gelangt. Systematische Prüfungen aller in der Zahnheilkunde verwendeten Werkstoffe sind in der Literatur nicht auffindbar.

2.1.1.3 Veränderungen der Werkstoffe in der Mundhöhle

Zahnärztliche Werkstoffe bleiben kürzere oder längere Zeit im Körper. Es ist darum wichtig zu wissen, in welcher Weise sie durch die verschiedenen wechselnden Einflüsse in der Mundhöhle beeinflusst werden. Die Beobachtungen von Veränderungen der im Munde getragenen prothetischen Arbeiten, sowie die Analyse extrahierter, gefüllter Zähne und unter Mundhöhlenbedingungen ausgeführte Werkstoffprüfungen, geben Antwort auf diese Frage. In erster Linie ist dabei an zahnärztliche Werkstoffe mit mehrjähriger Liegedauer zu denken:

- a) Füllungswerkstoffe
- b) Werkstoffe für festsitzenden Ersatz
- c) Werkstoffe für herausnehmbaren Ersatz.

2.1.1.3.1 Beanspruchung durch Kaukräfte

Als Füllungswerkstoff im Prämolaren- und Molarengebiet wird vorwiegend Amalgam benutzt, seine

Vorteile liegen neben der relativ einfachen Anwendung in der Härte.

WINKLER (205) fand bei Härtemessungen an 99 amalgamgefüllten, extrahierten Zähnen Durchschnittswerte von $80,0 \text{ kg/mm}^2$ (nach Vickers). Er schreibt, daß die Härte des Amalgams nicht altersabhängig ist und auch nicht von der Lage der Füllung im Zahne beeinflußt wird.

Nach DOLDER (16) ist die Druckfestigkeit gegenüber dem axial wirkenden Kaudruck bei der Amalgamfüllung mit 30 kg/cm^2 genügend groß, wenn man den durchschnittlichen Kaudruck mit 10 kg/cm^2 annimmt. Die Kantenfestigkeit, das heißt der Widerstand der Amalgamfüllung gegen abscherende Kräfte, ist von praktischer Wichtigkeit, besonders bei approximalen Füllungen und bei größeren Aufbauten. Sie bedingt deshalb eine kräftige Verankerung der approximalen Amalgamfüllungen im gesunden Zahnmaterial. Anderenfalls kommt es zur Absprengung der besonders exponierten Füllungspartien.

Die Ergebnisse von Untersuchungen an getragenen Amalgamfüllungen von HESS (72) und WINKLER (205)

zeigen, daß Mißerfolge bei Amalgamfüllungen häufig nicht zu Lasten des Materials, sondern zu Lasten des Behandlers gehen, da sie sich manifestieren in:

- a) Fehler in der Präparation
- b) fehlerhafte Anwendung oder Weglassen von Hilfsmitteln (Unterfüllung, Matrize und Keilen)
- c) Fehler beim Stopfen.

Die heute gebrauchten Goldlegierungen für Inlays bieten dem Kaudruck im Munde ausreichenden Widerstand. Eine Ausnahme bilden die von EICHNER (26) an 25 Patienten erprobten, im Munde gestopften Goldfüllungen aus Karat-Pure-Gold. Der Werkstoff ist für okklusale Füllungen und auch für Kronenreparaturen nicht geeignet. Innerhalb weniger Tage wurden die gestopften Goldkörnchen durch die Klebkraft der Nahrungsmittel schichtweise bis zur leeren Kavität herausgerissen. Nachuntersuchungen von 15 am Zervikalrand vor 6 bis 10 Monaten gelegte Füllungen haben ergeben, daß bis auf eine, alle anderen teilweise oder ganz verloren gegangen sind.

SPRETER VON KREUDENSTEIN und BUSCH (171) haben schnellhärtenden Kunststoff auf seine Resistenz gegenüber fortlaufenden Kauimpulsen in der Weise geprüft, daß sie ihn Krafteinwirkungen aussetzten, die den beim Kauakt vorkommenden ähnlich sind. Dabei stellten sie fest, daß Autopolymerisatfüllungen in Prämolaren und Molaren einer Belastung von mindestens 200 000 Impulsen mit einem Kaudruck von jedesmal rund 100 kg/cm^2 für jede einzelne Füllung ohne weiteres standhalten können (171).

Bei Ersatz von Zähnen durch Kronen und Brücken, sollte das Hauptgewicht darauf gelegt werden, daß sie genügenden Widerstand gegen mechanische Belastungen leisten. Die Verwendung von platinhaltigen Goldlegierungen garantieren dies. Brücken nur aus keramischen Massen vertragen zwar hohen Druck, sind aber gegenüber Zug sehr empfindlich. Bei der Kombination von Metall und keramischer Masse wird die Kraftverteilung so vorgenommen, daß die keramische Masse auf Druck und das Metall auf Zug beansprucht wird (16).

Das weitaus häufigste Basismaterial für herausnehmbaren Ersatz ist der auf Methacrylatbasis hergestellte Kunststoff. STRACK (178) und SIEGMUND (165) geben einer Kunststoffprothese eine Lebensdauer von zwei Jahren bis zum ersten Bruch. "Reparaturen" sind eine häufige Zahnersatzleistung. Die Suche nach werkstoffverbessernden Maßnahmen haben nicht aufgehört. ENGELHARDT (30) veröffentlichte über "Andoran", einen Kunststoff aus faserverstärkten Polycarbonaten, der als bruchfest gilt. Ob dieser sich im Munde besser bewährt, muß abgewartet werden.

2.1.1.3.2 Abrasion

In der Kaufläche ist ein Werkstoff erwünscht, der die gleichen abrasiven Eigenschaften hat wie Schmelz und Dentin.

Die klinische Beobachtung über Jahre hat gezeigt, daß die derzeitigen platinhaltigen Goldlegierungen dieser Forderung am ehesten gerecht werden. Die Metallkauflächen behalten über Jahre hindurch den Kontakt zu den Antagonisten. Die okklusalen und approximalen Funktionsflächen von Kunststoffkronen

sind durch ihre zu starke Abradierbarkeit der funktionellen Belastung nicht gewachsen. Zunächst können diese Abrasionen als erwünscht bezeichnet werden, weil durch sie die Artikulation ausgeglichen und Fehlbelastungen verringert oder ausgeschlossen werden. Nehmen die Abrasionen jedoch zu, kommt es zum Hochwachsen des mit der Kunststoffkrone versehenen Zahnes aus seiner Alveole und zum Kontaktverlust. Die Folge können nicht unerhebliche paradontale Schädigungen sein.

FRENZ (47) konnte optisch messen, daß die Abrasion an Kunststoffzähnen am geringsten war, wenn auch die Antagonisten aus Kunststoff bestanden.

Nach Untersuchungen von EICHNER (25) spielt der Polymerisationsgrad des als Kronen- und Brückenwerkstoff verwendeten Kunststoffes eine wichtige Rolle. Es ergibt sich bei höherem Polymerisationsgrad geringerer Abrieb.

Porzellan ist für Funktionsflächen des zahnärztlichen Ersatzes ebenfalls ungeeignet. Es ist so hart, daß es an der physiologischen Abrasion des Gebisses nicht teilnehmen kann (144). Während die na-

türlichen Zähne langsam abgekaut werden, bleiben Porzellankronen unverändert und bilden vorzeitige Kontakte. Dies führt entweder zur Zerstörung der Zahnschubstanz des Antagonisten oder zu paradontalen Erkrankungen.

Ebenso verhält es sich mit Kobalt-Chrom-Legierungen, die für festsitzenden Zahnersatz, neben den schlechten ästhetischen Eigenschaften, ungeeignet sind. (144)

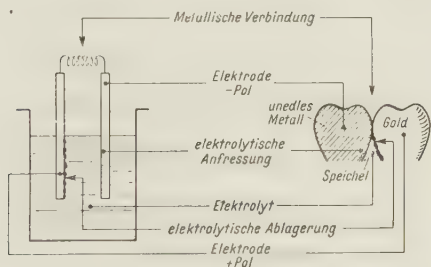
2.1.1.3.3 Korrosion

Die Frage der Korrosion der im Munde verwendeten Metalle ist für den Erfolg oder Mißerfolg der prothetischen Arbeit von großer Bedeutung. Korrosion ist nach WEIKART (199) "ein nichtbeabsichtigter, mit dem Gebrauch der Werkstoffe nicht notwendig verbundener, von der Oberfläche ausgehender Angriff chemischer Natur von Stoffen, auf Metalle oder Legierungen, der zu ihrer Zerstörung führt".

Die Korrosion im Munde kann durch aufgenommene Getränke, Speisen, die eingeatmete Luft, besonders durch schwefel- und phosphorhaltige Speisen, Essig und Zitronen eingeleitet werden (199).

Daneben ist die Korrosion im Munde auf elektrochemischem Wege möglich. Ein kurzgeschlossenes Element, bestehend aus einem edlen und einem weniger edlen Metall, wobei der Speichel als Elektrolyt wirkt, wird gebildet (siehe Abb.). Deshalb wird von der Benutzung verschiedener Metalle in einer Mundhöhle abgeraten, besonders, wenn sie in direktem Kontakt miteinander stehen.

Abb. aus WEIKART (199)



Die Oberflächenbehandlung ist ein wichtiger Faktor, der die Korrosion beeinflusst, denn ihr Ausmaß ist von der mehr oder minder großen Benetzungsfläche abhängig. Die moderne Zahnheilkunde verlangt, daß eine Amalgamfüllung poliert wird, bevor man sie als vollendet betrachtet.

Über die Unterschiede der Korrosionsgeschwindigkeit zwischen polierten und unpolierten Amalgam-

fällungen berichtet RUBINSTEIN (152). Er ließ eine Lösung von Natriumsulfit (Konzentration 0,5 % und 5 %) auf polierte und unpolierte Amalgamscheiben einwirken. Er tat dies auf drei verschiedene Arten:

- a) in dem die Amalgamscheiben mit Goldscheiben von ungefähr gleicher Größe in der Natriumsulfitlösung zusammengebracht wurden,
- b) in dem die Amalgam- und Goldscheiben je mit einem Pol einer 1,5 Volt Batterie verbunden und alsdann in die Korrosionslösung eingetaucht wurden,
- c) in dem die Amalgamscheibe ohne Zusatz einer Goldscheibe in die Natriumsulfitlösung eingetaucht wurde.

Eine schwarze Verfärbung der Amalgamoberfläche wurde als Korrosion betrachtet, welche durch Oxydation oder Schwefelreaktion eingetreten war. Solche Reaktionen sind elektrolytisch und hängen von der Tätigkeit elektrolytischer Zellen an der Metalloberfläche ab.

Einfluß von Natriumsulfitlösungen auf die Oberfläche
von Amalgamscheiben

Zeitablauf bis zur Schwarzfärbung der Oberfläche								
					Kombination			
	Unpol. Fläche		Pol. Fläche		Unpol. Hälfte		Pol. Hälfte	
Lösung	0,5%	5%	0,5%	5%	0,5%	5%	0,5%	5%
Amalgam u. Gold in der Lösung	15#	6#	3+	1+	10#	4#	2+	14#
Amalgam verbunden mit neg. Pol	1,5#	1#	12#	8#	1#	0,5#	8#	6#
Amalgam verbunden mit pos. Pol	-	-	-	-	-	-	-	-
Amalgam allein in der Lösung	2,5=	1=	5=	2=	1,5=	5+	2,5=	1=

: Stunden

+ : Tage

= : Wochen

Die Versuche bestätigen die klinische Erfahrung, daß eine polierte Amalgamoberfläche im Verhältnis zu einer unpolierten langsamer korrodiert. Die Korrosion bleibt jedoch nicht aus. Eine polierte Fläche, die an eine unpolierte Fläche angrenzte war gegen die Verfärbung weniger widerstandsfähig, als eine alleinstehende, vollständig polierte Fläche. Die Verfärbung der Amalgamoberflächen zeigte sich zuerst an den Rändern, von dort aus drang sie allmählich gegen die Mitte vor. Dies wird auf folgende Weise erklärt: Die Ränder sind gewöhnlich nicht glatt. Die abspalternden Metallteile vergrößern das Verhältnis zwischen Oberfläche und Volumen, was die Korrosionseinwirkung erhöht.

C. -H. FISCHER (37) trug mit seinen Untersuchungen zur Klärung der Bedeutung des Silbergehaltes der Amalgamlegierungen bei. Bei einer Reihe von Patienten wurden sowohl 50 %ige als auch 67 %ige und 70 %ige Silberamalgamfüllungen gelegt und dadurch die verschiedenen Amalgame unter gleichen Mundhöhlenbedingungen verglichen. Es wurden überwiegend Kavitäten nach Black I

präpariert, weil so neben der Oberfläche, der gesamte Füllungsrand der Beobachtung zugänglich ist. Die höher- und niederprozentigen Amalgame waren jeweils gleichen oralen Bedingungen ausgesetzt. Die Beobachtung erfolgte über einen Zeitraum von 2,5 Jahren.

Der Ablauf der Rand- und Oberflächenveränderungen ging in einer bestimmten Reihenfolge vor sich. Zunächst kommt es zu einer geringen Aufwölbung des Füllungsrandes. Nach etwa zwei Monaten sind in diesem Randsaum, mit 40 facher Vergrößerung Bläschen als erste Korrosionserscheinung sichtbar. Durch diese Veränderung scheint der Rand der Füllung an Härte und somit an Widerstandskraft gegenüber der Kaubelastung einzubüßen und bröckelt ab. Bei anfänglich gleichen Veränderungen ist der Rand bei der 50 %igen Silberlegierung abradiert, abgeschliffen und abgerundet (37).

Bei der Amalgamfüllung aus der höherprozentigen Legierung wirkt der Füllungsrand scharfkantig abgebrochen, der korrodierte Randsaum selbst aber schmaler. Die mechanische Einwirkung des Antagonisten durch den Kauakt hatte keine Randveränderungen zur Folge. Nach zwei und mehr Jahren sind die Veränderungen auf der Oberfläche der sogenannten

50 %igen Amalgamfüllung deutlich stärker. Das Amalgam aus der 67 %igen und 70 %igen Legierung erscheint widerstandsfähiger (37).

Diese Ergebnisse stimmen mit den Feststellungen von DOLDER (160) überein.

Die maschinenkondensierte Amalgamfüllung jeder Legierung muß der Korrosion gegenüber empfindlicher sein. Die Oberflächen und Randveränderungen treten bei maschinell kondensierten Füllungen etwa drei Monate früher auf.

Amalgam verhält sich im Munde fast wie ein Edelmetall, einzig bei der elektrolytischen Dissoziation kann seine Zusammensetzung aus unedlen Komponenten zum Vorschein kommen. Wenn Amalgam mit Gold zusammen unter Mitwirkung des Speichels ein Lokalelement bildet, erleidet es eine oberflächliche Korrosion, doch tritt diese meistens nur während der Erhärtungsphase ein.

Bei direktem Kontakt wird Gold durch frisches, erhärtendes Amalgam amalgamiert, das heißt überschüssiges Quecksilber dringt in das Gold ein, verfärbt dieses weißlich und macht es spröde. Benachbarte Goldarbeiten sollen deshalb vorher mindestens durch eine Lackschicht geschützt werden.

Die Korrosion oder Auswaschung der Füllungsoberfläche findet bei den Silikatzementen und in etwas reduziertem Maße auch bei den kalthärtenden Kunststoffen statt. Man kann die Korrosionserscheinung nach 6 Monaten Liegedauer photographisch erfassen. Die weniger resistente Kittsubstanz wird zuerst aufgelöst, worauf dann die Perlen oder Splitter herausfallen und entsprechende Kraterlöcher in der Oberfläche zurücklassen (198).

2. 1. 1. 3. 4 Temperaturänderungen

STRASSBURG und ÖZKAN (210) stellten sich die Frage, ob auch unter Mundhöhlentemperatur- und Feuchtigkeitsbedingungen aus Amalgamfüllungen Quecksilber austreten kann. Sie kamen zu folgendem Ergebnis: Es konnte der Nachweis erbracht werden, das 70 %iges zinkfreies Silberamalgam (Nonzinc) nach Erwärmung auf normale und extrem hohe Mundhöhlentemperaturen geringfügige, aber deutlich registrierbare Gewichtsverluste zeigt. Die Gewichtsabnahme ist vom Grad und der Zeitdauer der Wärmeeinwirkung abhängig. Im allgemeinen steigt der Gewichtsverlust sowohl mit höheren Temperaturen als auch mit längeren Belastungszeiten an, jedoch nicht kontinuierlich.

Die Möglichkeit einer Beeinflussung der Gewichts-

veränderung durch Verdampfung vorher aufgenommenen Wassers ist praktisch auszuschließen. Die Wasseraufnahme ist beim zinkfreiem Silberamalgam so minimal, daß diesem Faktor keinerlei Bedeutung beizumessen ist.

Nach Erfahrungen von STRASSBURG und ÖZKAN (210) liegt die kritische Übergangstemperatur, in der eine schon mit bloßem Auge eindeutig wahrnehmbare Quecksilberanreicherung in den oberflächennahen Schichten erfolgt um 57° C im Wasserbad für das 70 %ige zinkfreie Silberamalgam. Die mikroskopischen Oberflächenuntersuchungen erhärten diese Befunde.

Hinsichtlich der kritischen Temperaturen spielt die Anwesenheit eines feuchten Milieus eine große Rolle; an trocken erhitzten Prüfkörpern setzte der Effekt des Quecksilberaustritts erst bei 70° C ein.

Die Versuchsergebnisse verdienen Beachtung, weil bisher die kritische Temperatur für das Polieren von Amalgamfüllungen mit 65° C angegeben wurde. Um werkstoffschädigende Veränderungen auszuschließen, ist sie jedoch niedriger anzusetzen. Die Wärme-
festigkeit der im Munde verwendeten Kunststoffe liegt

nach Untersuchungen von WEIKART (199) zwischen 70°C und 85°C . Diese Temperaturen kommen im Munde nicht vor, es sei denn für kurze Zeit, bei dem Genuß heißer Speisen und Getränke.

2.1.1.3.5 Verfärbung

Verfärbungen, der im Munde getragenen zahnärztlichen Materialien treten ein durch

1. Fremdabscheidungen.

Sie können durch Ablagerungen von organischen Substanzen aus Speisen und Genußmitteln, durch chemische Reaktionen, Oxid- oder Sulfidbildungen oder durch elektrochemische Reaktionen bedingt sein.

2. Eigenabscheidungen.

Dies sind Ablagerungen von Lösungsprodukten aus dem Werkstoff selbst. Die Standardlegierungen aus Gold-Silber-Kupfer lassen beim Gießen leicht ein inhomogenes Gefüge entstehen. Die Verfärbungen die daraus resultieren sind bei Kunststoffverblendungen besonders unheilvoll, da sich die Facette nach einigen Monaten einerseits an den Approximalflächen, andererseits gingival gräulich oder bläulich verfärbt. Der Grund liegt in der

Oxydation des Metalles, da zwischen der Facette und der Goldlegierung ein mikroskopisch wahrnehmbarer Spalt liegt, der Mundflüssigkeit eindringen läßt und zur Oxydation des Metalles führt. Zu besseren Ergebnissen führen platinhaltige Legierungen, da diese homogene Strukturen erwarten lassen.

1957 wurde von der Firma Espe GmbH der neue Kunststoff Cadurit entwickelt. Chemisch handelt es sich um einen linearen Polyester, der reaktionsfähige Gruppen trägt. Er unterscheidet sich grundsätzlich von den bisher im Gebrauch befindlichen Füllungsmitteln.

DIETERLE (15) untersuchte, in wie weit eine Verfärbung des Cadurits durch endogene und exogene Faktoren zu erwarten ist.

In frischem Speichel liegende Proben wurden bis zu 8 Std. mit einer Quecksilberhochdruckdampflampe bestrahlt. Es konnten keine Verfärbungen festgestellt werden. Anschließend wurde ein Teil der Proben ein halbes Jahr in physiologischer Kochsalzlösung bei 37° C aufbewahrt, während ein anderer Teil, um allseitige Austrocknung zu garantieren, bei 37° C auf einem Drahtnetz gelagert

wurde. Bei den trocken gelagerten Versuchskörpern konnte keine wesentliche Verfärbung festgestellt werden, dagegen zeigte sich bei den anderen Proben, daß helle Farbtöne sich grünlich, dunkle sich bräunlichgelb verfärbten. Diese Verfärbung durch Wasseraufnahme läßt sich nicht abpolieren. Eine Reihe von Proben wurde auch kurz nach der Abbindung 24 Std. in Kaffee, Tee, Johannisbeersaft und Zitrone gelegt, es zeigte sich hier nur die Verfärbung einer dünnen Schicht, die sich leicht abpolieren ließ. Der geprüfte Kunststoff wies Ablagerungen von organischen Substanzen auf, mit denen er kurz nach der Abbindung in Berührung kam. Diese Reaktion ist von Silikatzementen schon seit längerer Zeit bekannt. Es ist deshalb zweckmäßig, diese neu gelegten Füllungen in den ersten Stunden nach der Abbindung vor intensiven Farbeinflüssen zu schützen.

Die Verfärbung der Kunststoffprüfkörper durch Wasseraufnahme, die nach einer längeren Versuchsdauer beobachtet wurde, trat auch bei Kunststoff-Füllungen auf, da sie im Munde ständig von Speichel umspült wurden.

BERGER (6) untersuchte Prothesenträger, deren Zahnersatz mit Myrrhentinktur, Rotwein, Ta-

baktsrauch und bestimmten Medikamenten in Berührung gekommen war. Um die Aussagen der Patienten zu bestätigen, fertigte er Prüfkörper an, die als ein Ausschnitt einer Prothese angesehen werden konnten. Diese wurden in einem Milieu der Mundhöhle mit verschiedenen Reagenzien umspült. Der oberflächen- und farbveränderte Prüfkörper wurde fotografiert. Ebenso wurden Ausschnitte getragener Prothesen (um die Temperaturschwankungen der Mundhöhle einzubeziehen) makroskopisch und mikroskopisch untersucht und die Einwirkung der verschiedenen Reagenzien beobachtet. Außerdem wurden die Prothesen von 100 insulinbehandelten Patienten untersucht. Die Beobachtungen zeigten, daß die häufigsten Oberflächen- und Farbveränderungen der Prothesen durch Tinct. Myrrhae hervorgerufen wurden. Schon eine Verdünnung 1 : 300 ergab eine raue Oberfläche und weißliche Verfärbung. Veränderungen nach Einnahme von Medikamenten oder bei Allgemeinerkrankungen wurden nicht festgestellt. Die durch Rotwein und Tabaksrauch hervorgerufenen Verfärbungen waren gering.

POHLING (140) fand, daß im Vergleich zu früheren Untersuchungen von FRENZ (47), vernetzte bzw. ver-

gütete Kunststoffzähne und Kronen- und Brückenmaterialien besser geworden sind. Wie BERGER (6) auch festgestellt hat, treten Verfärbungen des Kunststoffes nur bei Behandlung mit Myrrhentinktur auf.

FUESS (51) führte 1955 eine Untersuchung über die Ursache des grau-schwarzen Zahnbelags durch. Von 35 Jugendlichen wurde der schwarze Belag abgeschabt und auf eine Kaninchenblutagarplatte gestrichen. Da das Bakterium - melaninogenicum ein anaerob wachsendes ist, wurde die von FORTNER 1929 angegebene Methode angewandt, wobei als sauerstoffliebende Mikroben die ganz ungefährlichen und schnell wachsenden Prodigiosusbazillen verwendet wurden. Die so beschickten und vorbereiteten Platten kamen sofort danach in den Brutschrank, wo sie bei 37⁰ C aufbewahrt wurden. Alle zwei Tage wurde das Wachstum der Kolonien beobachtet. Nach einer Woche Bebrütung wurde weiterhin ein Klatschpräparat und ein Ausstrichpräparat angefertigt. Die Beobachtungsdauer insgesamt betrug 3 Wochen.

Mithin konnte FUESS (51) nachweisen, daß von 35 Patienten mit schwarzen Zahnbelägen in 32 Fällen

die schwarzen Kolonien vom Bakterium - melaninogenicum starkes Wachstum zeigten. Wohingegen bei 40 Patienten ohne Belägen nur in 4 Fällen ein bis zwei kleine Kolonien gewachsen waren. Aus diesem Ergebnis wird geschlossen, daß die schwarzen Zahnbeläge von dem pigmentproduzierenden Bakterium - melaninogenicum gebildet werden. Eine pathologische Wirkung ist den Keimen bisher nicht nachgewiesen worden.

2. 1. 1. 3. 6 Zusammenfassung

Zur Erkennung der Veränderungen der zahnärztlichen Werkstoffe in der Mundhöhle ist folgendes untersucht worden:

Korrosionserscheinungen getragener Silikat- und Kunststofffüllungen,

Abrasion an Kunststoffzähnen,

Korrosion von Amalgam,

Oberflächen- und Randveränderungen getragener Amalgamfüllungen,

Härte getragener Amalgamfüllungen,

Gewichtsverlust von Amalgam bei Wärmeeinwirkung,

Bruchfestigkeit von Kunststoffen,

Verfärbung von Kunststoffen,

Bakteriologische Untersuchung des braunschwarzen Zahnbelags.

Für die biologische Prüfung sind folgende Tests anzuwenden:

Klinische Beobachtungen von Füllungen oder prothetischen Arbeiten über einen längeren Zeitraum, die Untersuchung von gefüllten, extrahierten Zähnen, die Untersuchung von getragenen Prothesenteilen, Labortests mit Materialien in mundhöhlenähnlichem Milieu.

Die Testmethoden haben gezeigt, daß Abrasion, Korrosion und Verfärbung bei den am häufigsten in der Zahnheilkunde verwendeten Materialien (Amalgam, Kunststoff, Silikat) berücksichtigt werden müssen. Es sollten deshalb die Werkstoffe nur Verwendung finden, wenn die Anwendung von beständigerem Material wie Gold und Porzellan nicht möglich ist. Die Kunststoffe sind im Stadium der Entwicklung und können noch nicht allgemein beurteilt werden.

Die Ergebnisse dieser Testmethoden entsprechen den bisherigen klinischen Erfahrungen.

Um Mißerfolge bei der Patientenbehandlung durch ungeeignete Materialien auszuschließen, sind jedoch noch umfassendere und systematische Untersuchungen nötig.

2.1.1.4 Wechselwirkungen zwischen Bakterien und Werkstoffen

2.1.1.4.1 Die Wirkungen der zahnärztlichen Werkstoffe auf die Bakterien der Mundhöhle

Bis heute ist man auf der Suche nach einem dauerhaften Füllungswerkstoff mit bakterizider Wirkung, um die Sekundärkaries zu verhindern.

Die verwendeten permanenten Füllungswerkstoffe, wie Gold, Amalgam und Zemente, wurden auf oligodynamische, d.h. bakterientötende Wirkung untersucht.

BERGER (7) untersuchte 50 Patienten, um die Frage nach dem Einfluß von Zementen auf die bakterielle Besiedelung des benachbarten Gewebes zu beantworten. Er stellte 100 Styroflexabdrücke nach der Methode von GINS - MATTIG her und entnahm außerdem 100 Präparate mit der Platinöse. Diese wurden mit verdünnter Karbol-Gentiana-Violettlösung gefärbt. 50 % der Entnahmestellen lagen dort, wo eine Zementfüllung mit dem Zahnfleisch in Berührung kam, die restlichen 50 % auf der gegenüberliegenden, füllungsfreien Seite. Die Auswertung der Präparate erfolgte mit dem Mikroskop und zeigte, daß

keine Beeinflussung von Zementen auf die bakterielle Besiedelung des benachbarten Gewebes stattfindet.

DÜNGEL (19) untersuchte Zementplättchen mit Kupferoxalat, sowie Kupferrhodanit bzw. Cuprioxidbeimischungen auf ihr Verhalten gegenüber der aeroben und anaeroben Mischpopulation der Mundhöhlenflora, sowie einiger Einzelstämme. Die Cu-Verbindungen hemmten alle Keime mit Ausnahme von *Streptococcus faecalis* und *Streptococcus liquefaciens*. Bei den Cuprioxiden konnte festgestellt werden, daß ihre Hemmwirkung gegenüber Säurebildnern erst in leicht saurem Milieu einsetzt und mit abfallenden pH-Werten zunimmt. Ausreichend von Bakterien freie Randzonen erreichten sowohl die Oxide als auch das Rhodanit gegenüber der aeroben wie fakultativ anaeroben Mischpopulation. Die Anaerobier der Mundflora zeigten sich jedoch gegen diese beiden Substanzen resistent.

KLAUNIK (88) untersuchte die kupfer- und silberhaltigen Zinkphosphatzemente. Er wies nach, daß bei Prüfkörpern mit feststellbarer bakteriostatischer Wirkung, die Löslichkeit erheblich ansteigt. Er nimmt an, daß die Hemmung des Keimwachstums durch Freiwerden der Phosphorsäure erzielt wird.

KLEINER (90) entnahm bei Patienten an Zähnen mit einer Goldkrone oder Goldfüllungen und an kranken- und füllungsfreien Zähnen mit der Platinöse und mit Styroflexabdrücken (Methode nach GINS - MATTIG) Zahnfleischabstriche. Er färbte diese mit Gentianaviolett und wertete sie mit Hilfe des Mikroskops aus.

Von seinen 100 zur Untersuchung herangezogenen Patienten mit Goldkronen oder -füllungen wiesen 63 nur geringe Unterschiede in der bakteriellen Besiedelung des benachbarten Zahnfleisches am goldtragenen und goldfreien Zahn auf. Bei nur 2 Patienten beobachtete er eine höhere Keimzahl am Zahnfleisch des goldfreien Zahnes. Für die Anreicherung von Bakterien am goldnahen Zahnfleisch, die bei den restlichen 35 Patienten zu beobachten war, kann die mechanische Reizwirkung des Goldes als Fremdkörper, insbesondere bei schlechtsitzenden Kronen und Füllungen, verantwortlich gemacht werden.

WOLF (206) legte Gold- und Edelmetalllegierungen in oberflächlich infizierten Blutagar. Sowohl unter aeroben wie unter anaeroben Bedingungen zeigte sich nach Bebrütung kein bakterienfreier Hof um das Metallstück. Eine oligodynamische Wirkung des Goldes ist auszuschließen.

FREESE (46) prüfte das als Wurzelfüllmaterial verwendete Silberamalgam S auf seine bakterizide Wirkung. Das Amalgam wurde auf eine mit Bakterien beimpfte Agarplatte aufgelegt und dann bebrütet. Aus dem, um das Amalgam keimfrei gebliebenen Hof, ließ sich auf die oligodynamische Wirkung schließen. Als Teststämme dienten FREESE (46) *Staphylococcus aureus*, *E. coli*, ein hämolysierender sowie ein vergrünender Streptokokkenstamm. Zum Vergleich wurde das bereits als Wurzelkanalfüllungsmaterial zur Anwendung gelangte und von ZALEWSKY (209) untersuchte Kupferamalgam herangezogen. Es zeigte sich im Versuch, daß Silberamalgam S ein sehr bakterizides Material ist, das eine größere Wirkung entfaltet als das Kupferamalgam. Es ist gegen *Staphylococcus aureus* am stärksten, gegen Enterokokken am schwächsten oligodynamisch wirksam. Übertragungsversuche der Tabletten aus Silberamalgam S auf neu beimpfte Platten, die nach 24 Stunden vorgenommen wurden, zeigten, daß die Wirkung auf *Staph. aureus* über 23 Übertragungen anhält. Nach 15 tägiger Pause können weitere 7 Übertragungen gemacht werden. Bei *E. coli* erschöpft sich zunächst die Wirkung nach 6 Übertragungen, kehrt aber nach einer Pause für 29 Auflagen wieder. Auf hämolysierende Streptokokken können die Tablet-

ten zuerst 10 mal gebraucht werden und nach einer 15 tägigen Pause weitere 7 mal. Die Wirksamkeit gegen Enterokokken ist sehr groß. 22 Übertragungen können gemacht werden und nach einer Erholungspause sind weitere 3 Übertragungen möglich.

Im Vergleich dazu haben Kupferamalgame eine viel geringere Wirksamkeit. Sie können nur 5 mal neu aufgelegt werden.

In einer weiteren Versuchsreihe wird der Einfluß des Blutzusatzes zum Nährboden auf die oligodynamische Wirkung klargelegt. Testkörper, die auf Blutagarplatten keine Wirkung mehr entfalten, zeigen auf Einfachagar noch volle Wirkung.

2.1.1.4.2 Die Wirkungen der Bakterien auf die Werkstoffe

GIROD (55) stellte Untersuchungen über die Bakteriendurchlässigkeit verschiedener für prothetische Zwecke verwendeter zahnärztlicher Kunststoffe an. Sie fertigte einen 4 mm hohen Prüfkörper aus zahnärztlich verarbeitetem Kunststoff an, der in der Mitte zu einer Kammer soweit hohl geschliffen wurde, daß der Boden nur 1 mm stark blieb. Er wurde auf normalem Nähragar aufgelegt. In die Vertiefung des Prüfkörpers kam mit Proteus OX 19 be-

impfter Agar. Die Abdeckung der Kammer erfolgte mit einem abgeflammt Deckgläschen. Die Bebrütung erfolgte bei 37° C. Nach mehreren Tagen wurden Proben aus der Kammer auf gewöhnlichen Nähragar übertragen. Nach 24 stündiger Bebrütung zeigte sich das Wachstum von Proteusbakterien. Die den Prüfkörper umgebene Agarfläche war jedoch innerhalb der gesamten Beobachtungszeit von 35 Tagen frei von Bakterienwachstum. Es wurden insgesamt 396 Laborversuche an 9 verschiedenen Kunststoffen durchgeführt, die alle zu dem gleichen Ergebnis führten, daß der Kunststoff bakteriell nicht zu durchdringen war.

Es wurde außerdem die keimhemmende Wirkung der einzelnen Kunststoffanteile im Lochtest geprüft. Hierbei bespatete GIROD (55) eine Nähragarplatte mit einer Proteus OX 19 Bouillonkultur und brachte einmal monomere Flüssigkeit, dann Kunststoffpulver und schließlich polymerisierten Kunststoff in vorher ausgestanzte Löcher des Agars ein. Deutliche Hemmzonen traten bei den monomeren Flüssigkeiten auf, außer bei den weichbleibenden Kunststoffen Palasiv 62 und Palsivit. Die Größe der Höfe bei der Entwicklungshemmung variierte mit den verschiedenen Kunststoffflüssigkeiten. GIROD (55) unter-

suchte weiterhin 50 im Munde getragene Kunststoffarbeiten. Mit sterilen Fissurenbohrern wurden Teile ausgeschnitten. Die Proben legte sie zur Anreicherung der aeroben Keime in gewöhnliche Nährbouillon und zur Vermehrung der anaeroben Keime in Leberbouillon (Tarozzizur). Nach 24 stündiger Bebrütung erfolgte die Ausimpfung der Bouillonkulturen auf verschiedene Nährböden. Die Differenzierung der Bakterien war durch ihr unterschiedliches Verhalten in der Bunten Reihe und anderen spezifischen Eigenschaften möglich. Die Untersuchungen von 35 Prothesen, 14 Kronen- und Brückenarbeiten aus Kunststoff sowie einer Kunststofffüllung zeigten keinen Unterschied in der bakteriellen Besiedelung zwischen herausnehmbarem und feststitzendem Ersatz. Alle Kunststoffteile waren mit Bakterien behaftet, nur in 2 Fällen gelang es nicht, Bakterien zu isolieren. Die Feststellung einerseits, daß zahnärztlich verarbeiteter Kunststoff nicht von Bakterien durchwandert wird, andererseits aber getragene Prothesen stets Bakterienwachstum beobachten lassen, veranlaßte dazu, neue und getragene Prothesen genauestens zu betrachten. Der neue Zahnersatz war glänzend und zeigte keine Risse. Prothesen, die jedoch ein und mehr Jahre getragen wurden, wiesen Poren, Risse, Rauigkeiten und Sprünge auf. Selbst eine gut polierte Kunststoffkrone

zeigte bei 100 facher Vergrößerung Kratzer und Unebenheiten, die den Mikroorganismen genügend Ansatzstellen bieten.

NOLDEN (131) stellte sich die Aufgabe, die Dichte plastischer Füllungsmaterialien gegenüber Bakterien zu überprüfen. Er wählte für seine Untersuchungen einen häufig verwendeten Phosphatzement, zwei bekannte Silikatzemente und einen selbsthärtenden Kunststoff aus. Aus diesen Materialien wurden zunächst napfförmige Prüfkörper mit einer Bodenstärke von 1 mm hergestellt. Nach der Sterilisation wurden die kleinen Küvetten mit einer bestimmten Keimaufschwemmung beschickt und auf feste Kulturplatten mit für jede Keimart optimalen Nährböden aufgesetzt. Dort wurden sie für etwa 7 Std. belassen, dann abgehoben und anschließend mit aeroben Keimen 48 Std. lang bei 37° C bebrütet. Die Platten mit Anaerobiern waren sogar 8 Tage lang unter der gleichen Temperatur im Brutschrank.

Als Testkeime verwendete er gut charakterisierte
Stämme bestimmter Mundhöhlenbakterien.

Teststamm	Phosphatzement		Silikatzement		Autopolymerisat	
	Zahl d. Ver- suche	davon positiv	Zahl d. Ver- suche	davon positiv	Zahl d. Ver- suche	davon positiv
:-hämolyt. Streptok.	5	-	5	-	6	1
hämolyt. Streptok.	5	-	4	-	5	1
Staph. aureus	5	3	4	1	6	-
Pseudomonas aeruginosa	5	4	4	3	10	1
Bact. coli	5	3	5	5	10	2
B. proteus	5	1	4	3	6	-
Aerober Aktinomyzet	5	-	5	-	2	1
Actinomyces israelii	5	-	5	-	2	-
Actinobacillus actinomycetem comitans	5	-	5	-	1	-
Bacteriodes melaninogenicus	5	-	5	-	1	-
Candida albicans	5	-	4	-	6	-

Durchwanderungszeit: 7 Stunden bei Zimmertemperatur

Wie aus der Tabelle hervorgeht, wurden alle geprüften Materialien von bestimmten Keimen durchwandert.

Es ist überraschend, daß auch Silikate und Autopolymerisate, die als definitive Füllungsmaterialien Verwendung finden, die gleiche Durchlässigkeit wie Phosphatzement zeigt. Wie schon SPRETER VON KREUDENSTEIN (169) in seiner Monographie über die Kariestherapie mit schnellhärtendem Kunststoff (1952) erwähnte, schneiden die Kunststoffe, von deren inhomogener Struktur immer die Rede ist, besser ab, als die Silikate.

Aus weiteren Untersuchungen geht hervor, daß weder eine craqueléfreie Oberfläche, noch eine extrem feinkörnige Gradation des Pulvers eine bakteriendichte Struktur des Kunststoffes garantieren kann.

2.1.1.4.3 Zusammenfassung

Aus den Untersuchungen geht hervor, daß bakterizide Wirkungen den heute als permanente Füllungsmaterialien verwendeten Werkstoffen fehlen. Jeder Versuch dem Material bakterizide oder bakteriostatische Wirkungen zu verschaffen, erbrachte verminderte physikalische Eigenschaften, die als Dauerfüllungsmaterial nicht tragbar sind.

Zu diesem Ergebnis gelangte man durch die Unter-

suchung der bakteriellen Besiedelung des den Füllungen benachbarten Gewebes und bakteriologische Tests der Hemmwirkung durch Materialprüfkörper. Die Frage, ob zahnärztliche Materialien bakteriell zu durchwandern sind, ist nicht eindeutig zu beantworten. Die Untersuchungsergebnisse sind unterschiedlich und lassen eventuell auf einen Fehler in der Versuchsdurchführung schließen. Es wird angenommen, daß sowohl Kunststoff als auch Phosphat- und Silikatzement bakteriendurchlässig sind. Systematische und umfassende Kontrollversuche würden sicher eindeutige Ergebnisse bringen.

2.1.2 Der Gesamtorganismus

Die Reaktion auf ein im Munde verwendetes Material beschränkt sich keineswegs nur auf die Kontaktstellen, sondern kann, entfernt vom Orte der direkten Stoffeinwirkung, an anderen Körperteilen zum Ausdruck kommen. In der Mundhöhle verweilende Materialien stehen in direkter Verbindung mit dem Gesamtorganismus. Mit nachfolgenden Untersuchungsmethoden werden die verschiedenen, möglichen schädigenden Einflüsse auf den Organismus durch

Edelmetall-Legierungen,
Silber- und Kupferamalgame
und Kunststoffe
beurteilt.

2.1.2.1 Intoxikation

In früherer Zeit kam der Mensch vornehmlich mit Giften pflanzlicher und tierischer Art in Berührung. Heute können durch den technisch- zivilisatorischen Fortschritt Intoxikationen ausgelöst werden. Sie können an einzelnen Organen oder auch in der Blutbahn auftreten. Von besonderer Bedeutung ist, ob die Gifte zur Ausscheidung gelangen oder im Organismus gespeichert werden.

2.1.2.1.1 Verdauungstrakt

Das Verhalten von Edelmetall-Legierungen im Munde hängt einerseits vom prozentualen Gehalt an Edelmetall und andererseits von der Beschaffenheit ihres kristallinen Aufbaues ab (Homogenität bzw. Inhomogenität, Oxideinschlüsse). Bei unsachgemäßem Verarbeiten im zahnärztlichen Laboratorium können Gold-Legierungen strukturelle Veränderungen erfahren. Dadurch werden sie im Mundmilieu angreifbar. Sie neigen zu Auflösungsvorgängen bei denen sich die un-

edlen Zusätze (Kupfer, Zink), die jede zahnärztliche Edelmetall-Legierung enthält, herauslösen und dann zu Krankheitserscheinungen Anlaß geben können.

Durch experimentelle Auflösungsversuche in künstlichem Speichel ist es SPRENG (168) gelungen nachzuweisen, daß aus inhomogenen Edelmetall-Legierungsstrukturen Kupfer austritt. Er berichtet über chronische Kupfervergiftungen durch das Tragen von inhomogenen Goldlegierungen im Munde.

Die Giftigkeit von Quecksilber gegenüber dem menschlichen Organismus ist an Bergwerk- und Industriearbeitern eindeutig festgestellt worden (16).

Die Zahl der in der Literatur beschriebenen Krankheitsfälle, als deren Ursache Amalgamfüllungen in der Mundhöhle genannt werden, ist im Vergleich zu den unzähligen Patienten, die ohne Beschwerden Amalgamfüllungen und Metallkombinationen tragen, sehr gering. E. POTH (142) hat die Möglichkeiten der Hg-Vergiftung durch Silberamalgam zusammengestellt.

Einer Arbeit von D.-H. FISCHER (37) wird entnommen:
Die Reduktion der Wirksamkeit des Ptyalins im Spei-

chel bei Anwesenheit von Amalgam im Munde konnte nicht festgestellt werden.

Die Löslichkeit der Amalgamfüllung durch den Speichel ist in den ersten 15 - 20 Tagen nach deren Legung nachweisbar. Hierbei ist die Konzentration des Quecksilbers wegen seiner toxischen Wirkung von besonderem Interesse. Der Nachweis dieser minimalen Mengen erfolgt mit Hilfe der Diphenylcarbazidmethode (37). Die Konzentration ist einer Hg Cl_2 -Lösung von $\frac{1}{80\,000}$ normal gleichzusetzen.

Auch im Harn kann bis 8 Tage nach der Füllungslegung eine vermehrte Quecksilberausscheidung nachgewiesen werden. Es sind dies außerordentlich kleine Mengen von 8 - 10 μg pro Tag. Eine toxische Wirkung ist aber erst von 100 μg pro Tag anzunehmen.

Untersuchungen von KEIBEL (85) unter Verwendung von Hg^{203} zur Ermittlung der Hg-Abgabe aus Amalgamfüllungen ergaben, daß Hg im Magendarmtrakt nur gering resorbiert und in der Leber und Niere gespeichert wird. Der größte Teil wird jedoch mit dem Kot und im geringen Maße im Urin ausgeschieden. Die in den Organen gespeicherten Mengen dürften nicht genügen, um Schädigungen zu veranlassen.

Wenn von Amalgamfüllungen aus schädliche Einflüsse in Frage stehen, so sind diese nach HARTUNG (64), HERRENKNECHT (69), BLUMENTHAL und JAFFE (8) viel eher innerhalb allergischen Geschehens zu suchen.

Silberamalgam hat die Verwendung des Kupferamalgams weitgehend verdrängt. Es sei dennoch hier erwähnt. Die leichte Abgabe von Cu des Kupferamalgams (28 - 38 % Kupfer und 62 - 72 % Quecksilber) an den Organismus ist biologisch bedenklich (16). HARNACK (62) berichtet über Kupfer als muskellähmendes Gift. Nach Untersuchungen von EFFINGER (20) ist Cu-Amalgam gewebsfeindlich. VOGEL (193) bestätigt, daß durch Cu-Amalgamfüllungen im Munde der Organismus das bei der Korrosion freiwerdende Kupfer und entsprechende Mengen Quecksilber aufnimmt.

2.1.2.1.2 Respirationstrakt

Ein bei Körperwärme verdampfender Anteil der Füllungswerkstoffe wird im Respirationstraktus aufgenommen. Als toxisches Toleranzintervall gilt ein Quecksilbergehalt der Luft von 20 - 100 $\mu\text{g pro m}^3$ (16).

Der Zahnarzt und sein Hilfspersonal sind besonders gefährdet, da sie meist stundenlang in einer Atmos-

phäre atmen, in welcher durch Unachtsamkeit verschüttetes oder unverschlossen dastehendes Quecksilber langsam und beständig verdunsten kann. Vom Hauptverband der gewerblichen Bundesgenossenschaft der Bundesrepublik ist als maximale Arbeitsplatzkonzentration (MAK) für Quecksilberdämpfe ein Wert von $0,1 \text{ mg Hg/m}^3$ Luft festgelegt worden (102).

Nicht nur das Anmischen und Stopfen, sondern auch das Ausbohren von Amalgam führt zu Hg-Dampfanreicherung der Luft. Beim Entfernen von Silberamalgamfüllungen mit dem Turbinengerät mit Spray fand KRÖNCKE (102) keinen Anstieg der Hg-Dampfkonzentration, beim Bohren ohne Spray wurde ein Wert von $0,15 \text{ mg Hg/m}^3$ Luft gemessen.

KROPP (103) suchte stichprobenartig 56 zahnärztliche Praxen auf, um die Hg-Dampfkonzentration in den Arbeitsräumen zu messen. Der Durchschnittswert betrug $0,01 \text{ mg Hg/m}^3$ Luft. In Praxen in denen noch Kupferamalgam verarbeitet wurde, lag der Hg-Dampfgehalt um 70 % höher als in Praxen in denen nur Silberamalgam verwendet wurde.

2.1.2.1.3 Haut

Es ist bekannt, daß früher Quecksilberschmierkuren zur Behandlung der Lues angewandt wurden. Beim Kneten der plastischen Amalgammasse mit der bloßen Hand, besteht die Möglichkeit der Resorption von Quecksilber durch die Haut. Die Toleranzgrenze liegt bei 10,4 g pro Tag (16). Die Verwendung von einem Gummifingerling ist bei häufigem Gebrauch von Amalgam sicher angezeigt. Wohl sind Hautausschläge, die durch Quecksilber verursacht werden, nach TELEKY (183) äußerst gering. Dies wird von HOPF (81) bestätigt, der bei 1203 untersuchten Zahnärzten nur einmal ein Amalgamekzem fand.

2.1.2.1.4 Blutkreislauf

"Es liegt durchaus nahe, daß die Amalgamteilchen in die Pulpa eindringen und unter Umständen Schädigungen hervorrufen können". (189) Über die Wirkung dieser kleinen Stoffmengen besitzt man aber heute noch wenig sichere Feststellungen, da die quantitative Erfassung Schwierigkeiten bietet.

2.1.2.2 Allergische Reaktionen

Ob es sich bei Krankheitserscheinungen, die von Werkstoffen im Munde ausgehen, um Intoxikationswirkungen

oder allergische Manifestationen handelt, läßt sich nicht immer eindeutig entscheiden. In einigen Fällen werden echte Überempfindlichkeitsreaktionen beschrieben. Diese äußern sich in Ekzemen, Gesicht- und Nachbarschaftsreaktionen, Schleimhauterscheinungen am Magendarmtrakt, Gastritis, Koliken usw., am Respirationstrakt Bronchialasthma, am Gefäßsystem Urtikaria, Quinke Ödem und Migräne.

FORTMANN (44) testete insgesamt 500 Patienten mittels der Jadassohn'schen Läppchenprobe mit Quecksilbersalbe. Die Reaktionen wurden nach 24 und 48 Std. abgelesen. Bei den Patienten mit Amalgamfüllungen betrug die Zahl der positiven Reaktion auf Quecksilber 3,4 %. Bei den Patienten, die keine Amalgamfüllungen besaßen, war die Zahl der positiven Reaktion nur 1,6 %. Ein früherer Kontakt mit Quecksilber wurde in beiden Fällen ausgeschlossen. Eine Sensibilisierung der Haut gegen Quecksilber durch Amalgamfüllungen der Zähne ist jedoch nicht zu beweisen.

LIPP (111) berichtet von einem Patienten, der eine, durch selbsthärtenden Kunststoff unterfütterte, totale Oberkiefer-Prothese trug. Schon nach drei Wochen bekam der Patient am rechten UK-Rand, vom Kinn

bis zum Ohr, eine starke Rötung der Wangenhaut, die sich dann auch auf die linke Gesichtshälfte ausbreitete. Es entstanden kleine, erhöhte Punkte und eitrige Pusteln. Die Erscheinungen klangen rasch ab, als der Patient die Prothese nicht mehr trug und stellten sich beim Wiederbenützen von neuem ein.

In einem anderen Fall trug eine Patientin seit 14 Jahren totale Kunststoffprothesen ohne irgendwelche klinischen Erscheinungen. Vor drei Jahren traten jedoch Brennen auf der Zunge und der Schleimhaut auf. Das gegenwärtige klinische Bild zeigte eine vollkommen entzündete Gaumenschleimhaut, die Brenngefühle erstreckten sich bis in den Kehlkopf. Die Patientin klagte über Trockenheit in der Nase. Wie LIPP (111) schreibt, handelt es sich auch hier um eine Allergisierung durch den Kunststoff, die erst nach Jahren manifest wurde.

FINDEISEN (36) weist darauf hin, daß es ihm wiederholt gelungen sei, Stomatitis-, Glossitis- und Rhinitisfälle, sowie asthmatische Beschwerden in ätiologische Beziehung zu Zahnprothesen aus Methylmethacrylaten zu setzen.

HERRMANN (70) empfiehlt für die Diagnose den Eliminationsversuch, d.h. beim Weglassen der Prothese über mehrere Tage muß es zu einem vollständigen Schwinden der subjektiven oder objektiven Symptome kommen. Wenn anschließend die getragene Prothese, deren Basis mit Gold- oder Zinnfolie abgedeckt worden ist, beschwerdefrei toleriert wird, kann eine stoffliche Ursache in Betracht gezogen werden. Daran sollten sich Epikutqn-, Epimukosa- und Mehrstofftestungen anschließen, um das schädigende Agens zu ermitteln.

Um allergische Erscheinungen durch Prothesenwerkstoffe diagnostizieren zu können, machte T. FROMME (50) folgenden Hauttest. Man nimmt einige Späne des Stoffes, den man anschließend als Prothesenstoff verwenden will. Es wird am Oberarm im Abstand von 2 cm die Hornschicht abgekratzt bis die Papillarkörper freiliegen. Damit sind ungefähr die gleichen Verhältnisse geschaffen, wie sie in der Mundhöhle vorliegen. Jetzt wird die erste Stelle mit Spänen des schuldigen Prothesenstoffes belegt, die zweite Stelle bleibt frei, und auf die dritte Stelle kommt der neu zu verwendende Stoff. Alle drei Stellen werden mit einem Testpflaster versehen, und das Ganze wird mit einer Mullbinde gut verschlossen. Zeigt sich nach einem oder mehreren Tagen gegenüber den

Kontrollstellen Rötung oder sogar eine Schwellung, so liegt der Beweis auf der Hand, daß hier der Prothesenstoff von dem betreffenden Individuum nicht getragen wurde.

2.1.2.3 Karzinogene Wirkung

Die Beziehungen der zahnärztlich verwendeten Stoffe zur Karzinomauslösung sind noch nicht eindeutig geklärt. Man ist in den Vermutungen auf Analogieschlüsse zur experimentellen Krebserzeugung und zum Wirkungsmodus kanzerogener Substanzen angewiesen. Die lange Latenzzeit, die bis zum Manifestwerden des Karzinoms verstreicht, erschwert die Beurteilung von Gewebsreizungen als Vorstufe zum Karzinom (70). Ob die Gewebsirritationen mit den jetzt fast ausschließlich gebrauchten Acrylaten häufiger geworden sind, ist schwer zu entscheiden. Nur langzeitige, vergleichende Untersuchungen, die heute kaum mehr möglich sind, könnten diese Frage klären.

Ausführungen von MATHIS und HERRMANN (120) besagen:

Es gilt keineswegs als gesichert, daß:

1. Prothesenträger häufiger ein Karzinom der Mundhöhle aufweisen als Nicht-Prothesenträger.

2. bei einer richtigen Einschätzung der Vergleichsbasis - gleichaltriger unter annähernd identischen Bedingungen lebende Prothesen - und Nichtprothesenträger - sich bezüglich der Befallshäufigkeit an Schleimhautkarzinomen wohl kaum Unterschiede zeigen dürften.
3. der alternde Prothesenträger sich eben bereits in jenem Stadium befindet, das im allgemeinen zur Manifestation des latenten Karzinoms führen kann. Es dürfte deshalb außerordentlich schwer fallen auf diesem Gebiet zu einer eindeutigen Entscheidung zu gelangen.

2.1.2.4 Zusammenfassung

Um die Einflüsse von zahnärztlichen Materialien auf den Organismus festzustellen, ist folgendes untersucht worden:

- die Herauslösung von Kupfer aus inhomogenen Edelmetalllegierungen und aus Kupferamalgam, sowie von Quecksilber aus Kupfer- und Silberamalgam,
- die klinische Untersuchung von Quecksilbervergiftungen,
- der Nachweis von Quecksilber in Speichel, Niere, Leber, Magendarmtrakt und Harn bei Anwesenheit von Amalgamfüllungen,
- die maximale Arbeitsplatzkonzentration für Quecksilberdämpfe,

die Durchschnittsdampfkonzentration von Quecksilber
in Praxen,

die Toleranzgrenze der Resorption von Quecksilber
durch die Haut.

Allergische Reaktionen nach zahnärztlichen Materia-
lien.

Karzinomauslösung durch verwendete zahnärztliche
Werkstoffe.

Die fortgesetzte Aufnahme kleiner Mengen Kupfer, Blei
und Quecksilber kann zu Vergiftungen führen. Dies muß
bei der Verwendung von Kupferamalgam und inhomoge-
nen Goldlegierungen beachtet werden. Die Möglichkeit
der Vergiftung durch Silberamalgam ist als gering zu
erachten. Im Organismus sind nach dem Legen von
Amalgamfüllungen außerordentlich kleine Mengen
Quecksilber nachzuweisen, von denen eine toxische
Wirkung nicht anzunehmen ist.

Die maximale Arbeitsplatzkonzentration für Quecksilber-
dämpfe ist mit einem Wert von $0,1 \text{ mg Hg/m}^3$ Luft
festgelegt worden. Der Durchschnittswert in zahn-
ärztlichen Praxen betrug $0,01 \text{ mg Hg/m}^3$ Luft.

(Dort wo jedoch noch Kupferamalgam verwendet wurde,
lag der Wert um 70 % höher)

Eine Schädigung der Haut durch das Anmischen von

Amalgam ist nicht zu erwarten. Die Toleranzgrenze für die Resorption vom Quecksilber durch die Haut liegt bei 10,4 g pro Tag.

Die Möglichkeit einer allergischen Reaktion eines Patienten auf einen Prothesenwerkstoff müssen in Betracht gezogen werden. Es gibt geeignete Tests, um das schädigende Agens zu ermitteln. Die zum größten Teil als Allergene in Frage kommenden Substanzen liegen in den Polymerisationszwischenstufen mit niedermolekularen oder auch noch monomeren Anteilen sowie Resten von Farbstoffen, Katalysatoren, Polymerisationsbeschleunigern, Inhibitoren, Stabilisatoren und Weichmachern.

Langzeitige, vergleichende Untersuchungen zur Klärung der Beziehungen der verwendeten zahnärztlichen Werkstoffe zur Karzinomauslösung waren bislang nicht möglich. Es dürfte außerordentlich schwer fallen auf diesem Gebiet zu eindeutigen Entscheidungen zu gelangen. Die Testmethoden, die hier beschrieben wurden, sind noch unzureichend. Sie sind nicht umfangreich, da nur einzelne Materialien erfaßt sind. Weiterhin stößt die Durchführung in Bezug auf die Standardisierbarkeit auf Schwierigkeiten.

2. 2

VERSUCHE AM TIER

Biologische Prüfmethode am Menschen sind oft langwierig und teilweise gar nicht durchführbar. Ausreichende Mengen an Versuchsergebnissen zu sammeln, stößt meist auf unüberwindliche Schwierigkeiten. Es ergibt sich die Notwendigkeit andere Methoden zu suchen, die mit geringerem Aufwand zuverlässige Resultate erwarten lassen.

Tierversuche, die bei der pharmakologischen Prüfung neuentwickelter Medikamente als aussagekräftig erachtet werden, sollten auch in der Zahnheilkunde für die biologische Werkstoffprüfung genügen (63).

Geeignet sind Tierversuche für jeden biologischen Test, mit Ausnahme von Löslichkeits-, Farbbeständigkeits- und Korrosionsuntersuchungen, da Speichel und Biotop mit dem menschlichen nicht vergleichbar sind (63).

2. 2. 1

Wirkung von gefährlichen Substanzen

Toxikologische Befunde werden vom Tier auf den Menschen übertragen. Dazu ist die Standardisierung der verschiedenen Toxizitätsbegriffe nötig.

2.2.1.1. stark toxisch

Jede Substanz, die innerhalb von 14 Tagen bei der Hälfte oder mehr einer Gruppe weißer Ratten, Gewicht zwischen 200 und 300 g, in einer Einzeldosis von 50 mg oder weniger pro kg Körpergewicht bei oraler Anwendung tödlich wirkt, ist stark toxisch.

Ebenfalls jede Substanz, die innerhalb von 14 Tagen bei der Hälfte oder mehr einer Gruppe von weißen Ratten, Gewicht zwischen 200 und 300 g, zum Tode führt, wenn sie für eine Stunde (oder weniger) in einer atmosphärischen Konzentration von 200 ppm vol. oder weniger in gas- oder dampfförmigem Zustand oder 2 mg/l vol. oder weniger in Form von Nebel oder Staub einwirkt, unter der Voraussetzung, daß einer solchen Konzentration möglicherweise Menschen ausgesetzt werden.

Weiterhin ist jede Substanz, die innerhalb von 14 Tagen bei der Hälfte oder mehr einer Gruppe von Kaninchen, Gewicht 2,3 bis 3 kg, zum Tode führt, wenn 200 mg/kg Körpergewicht oder weniger in kontinuierlichem Kontakt mit der Haut für 24 Stunden oder weniger verbleiben, stark toxisch (185).

2.2.1.2 toxisch

Alle Substanzen, die in eine der nachstehenden Kate-

gorien fallen werden als toxisch bezeichnet:

Jede Substanz, die innerhalb von 14 Tagen bei der Hälfte oder mehr einer Gruppe weißer Ratten, Gewicht zwischen 200 und 300 g, nach Anwendung einer Einzelgabe von mehr als 50 mg, aber nicht mehr als 5 g/kg Körpergewicht, bei oraler Anwendung zum Tode führt.

Jede Substanz, die innerhalb von 14 Tagen bei der Hälfte oder mehr einer Gruppe weißer Ratten, Gewicht zwischen 200 und 300 g, zum Tode führt, wenn sie kontinuierlich für eine Stunde oder weniger in einer atmosphärischen Konzentration von mehr als 200 ppm^{vol}, aber nicht mehr als 20 000 ppm^{vol} in gas- oder dampfförmigem Zustand oder in einer Konzentration von mehr als 2 mg/l, aber nicht mehr als 200 mg/l, auf Volumen bezogen, in Form von Nebel oder Staub eingeatmet wird.

Jede Substanz, die innerhalb von 14 Tagen die Hälfte oder mehr als die Hälfte einer Gruppe von Kaninchen im Gewicht von 2,3 bis 3 kg tötet, wenn eine Dosis von mehr als 200 mg/kg, aber nicht mehr als 2 g/kg, kontinuierlich im Kontakt mit der Haut für 24 Stunden gebracht werden (185).

2.2.1.3 ätzend

Ätzende Substanzen verursachen eine sichtbare Zerstörung oder eine irreversible Veränderung des Gewebes an der Kontaktstelle. Wenn solche Gewebszerstörungen erfahrungsgemäß beim Menschen an der Applikationsstelle auftreten, gilt dies als Zeichen für ätzende Eigenschaften. Eine Substanz wird als ätzend für die Haut bezeichnet, wenn sie auf der intakten Haut eines Kaninchens innerhalb von 24 Stunden oder in kürzerer Zeit die Struktur des Gewebes an der Applikationsstelle zerstört oder irreversible Veränderungen hervorruft (185).

2.2.1.4 allergisch sensibilisierend

ist eine Substanz dann, wenn sie bei einer erheblichen Anzahl von Personen, die mit ihr in Kontakt gekommen sind, eine allergische Sensibilisierung hervorruft. Im Gegensatz zu einer primären Reizreaktion entwickelt sich eine allergische Sensibilisierung auf der Grundlage eines Antikörpermechanismus. Eine allergische Reaktion entsteht nicht bei der einmaligen Berührung mit der Substanz, sondern es ist ein vorhergehender Kon-

takt mit der fraglichen Substanz erforderlich. Nachfolgende Expositionen können schwere Reaktionen auslösen, die in keinerlei Verhältnis zu der Dosis stehen (185).

2.2.1.5 photodynamisch sensibilisierend

ist eine Substanz, die eine Veränderung der gesamten Haut und Schleimhäute oder der Haut oder der Schleimhäute an der Kontaktstelle verursacht, wenn diese später dem Sonnenlicht oder äquivalenter Strahlungsenergie ausgesetzt wird. Dabei entwickelt sich eine Entzündungsreaktion (185).

2.2.2 Technik der Toxizitätsprüfung

2.2.2.1 akute Vergiftung

Die pharmakologisch-toxologische Kenngröße der akuten Vergiftung ist LD 50. (Die LD 50 ist diejenige Dosis, bei der 50 % der Tiere sterben und 50 % der Tiere überleben = mittlere letale Dosis) (204). Man prüft im

allgemeinen die Toxizität an Ratten und einer anderen Nagetierart, sowie an Katzen und Hunden. Man verwendet 10 Ratten, Mäuse und Meerschweinchen für jede Dosis und jede Applikationsform. An Katzen und Hunden wird die Größenordnung der LD 50 ebenso mit etwa 10 Tieren festgelegt. Jede Dosis wird der gleichen Anzahl Männchen und Weibchen appliziert, da die LD 50 Werte stark durch Geschlechtsunterschiede beeinflusst werden. Alle Applikationsformen, die am Menschen zur Anwendung kommen, müssen an den oben genannten Tierarten geprüft werden.

Man wird von den chemischen Stoffen zunächst die LD 50 bestimmen und dann zuerst orientierend an einer anderen geringen Tierzahl (6 Mäusen) Prüfen, ob die Hälfte der LD 50 oder ein anderer bestimmter Bruchteil der Substanz mit der Hälfte der LD 50 der anderen Substanz den pharmakologischen Kennwert erreicht oder im Sinne einer Potenzierung verändert.

Die akute Toxizitätsprüfung (LD 50) sagt nichts darüber aus, wie sich eine Substanz bei wiederholter Applikation im Organismus auswirkt (204).

2.2.2.2 chronische Vergiftung

Durch Kumulation bedingte Schäden werden erst bei der chronischen Toxizitätsprüfung aufgedeckt. Wenn eine chemische Substanz über eine unkontrollierbare, lange Zeit verwendet werden soll, dann muß die Substanz an Ratten mindestens ein Jahr und mindestens 6 Monate an Hunden täglich verabreicht werden. Unter besonderen Verhältnissen genügt jedoch diese Zeit nicht.

Für jede Dosierung müssen 20 Ratten und 4 Hunde gewählt werden. Sie soll logarithmisch abgestuft sein. Die Spanne soll von der verträglichen Dosis bis zu einer toxischen Dosis reichen. In den meisten Fällen wird mit der halben Dosis der LD 50 begonnen und mit dem Faktor $1/2$ abgestuft, d.h. $1/2$ LD 50, $1/4$ LD 50; $1/8$ LD 50 usw.

Während der Versuchszeit müssen klinische Untersuchungen durchgeführt werden. Am Ende des Versuches werden alle Tiere getötet und makroskopisch und mikroskopisch untersucht (185).

2. 2. 3 Prüfung von Reizstoffen (Irritantien)

2. 2. 3. 1 Schleimhautreizstoffe

Die Reizwirkung eines Stoffes auf die Schleimhäute wird an der Konjunktiva von Albino-Kaninchen gemessen. Sechs Albino-Kaninchen werden für jede zu prüfende Substanz benötigt. 1/10 ml der Testsubstanz wird in ein Auge instilliert, das andere Auge dient unbehandelt als Kontrolle. Die Augenreaktionen werden entweder mit dem unbewaffneten Auge oder mit der Spaltlampe beobachtet. Die Reaktion wird 24, 48 und 72 Stunden nach der Behandlung (evtl. nach 4 und 7 Tagen) abgelesen.

Auch die Mundschleimhaut kann als Objekt zur Beurteilung von Reizstoffen auf die Schleimhaut dienen.

Bei jeder Schädigung durch Reizstoffe, muß beachtet werden, daß die Wirkung nicht allein von der Natur des Stoffes, sondern auch von der angewandten Konzentration und von der Dauer der Applikation abhängig ist. Die Einwirkung zur Bestimmung der akuten Reizwirkung von Stoffen ist mit der Bewertung nach 24 Stunden, 48 Stunden, 4 Tagen und 7 Tagen willkürlich festgelegt. Versuche zur Beurteilung der lokalen Verträglichkeit, um chronische

Schäden festzustellen, erfordern meist Zeiträume von 20 und 90 Tagen bei täglicher Applikation (185).

2. 2. 3. 2 Hautreizstoffe

Der Lämpchentest wird an der abradierten und intakten Haut des enthaarten Tieres durchgeführt.

Auf ein quadratisches Lämpchen ($2,5 \times 2,5 \text{ cm}^2$)

werden von Flüssigkeiten 0,5 ml, von festen und halbfesten Substanzen 0,5 g aufgebracht. Feste

Substanzen werden in einem entsprechenden Lösungsmittel gelöst. Die Lämpchen werden mit Leukoplast

festgehalten. Der gesamte Stamm des Tieres wird dann mit Billrothbatist für 24 Stunden abgedeckt.

Die Reaktionen werden nach folgendem Schema ausgewertet:

Die Auswertung von Hautreaktionen

Der zu registrierende Wert ist der Durchschnittswert von 6 oder mehr Tieren.

a) Erythem und Schorfbildung

Kein Erythem	0
Sehr leichtes, kaum wahrnehmbares Erythem	1
Gut ausgeprägtes Erythem	2
Mittelschweres bis schweres Erythem	3
Schweres Erythem (dunkelrot) bis leichte Schorfbildung (Verletzung in der Tiefe der Haut)	4

b) Ödembildung

Kein Ödem	0
Sehr leichtes, kaum wahrnehmbares Ödem	1
Leichtes Ödem, Grenzen sind durch eine deutliche Abhebung gut ausgeprägt	2
Mittleres Ödem, Abhebung ungefähr 1 mm	3
Schweres Ödem, Abhebung mehr als 1 mm und Über- schreitung der Grenzen der Applikation	4

(185)

2. 2. 3. 3 Stoffe mit sensibilisierender Wirkung

Die Prüfung auf sensibilisierende Wirkung erfolgt an Albino-Meerschweinchen (300 - 500 g), denen dreimal in der Woche eine 0,1 %ige Lösung oder Suspension des Testmaterials in physiologischer Kochsalzlösung intracutan injiziert wird. Der ersten Injektion von 0,05 ml folgen neun Injektionen mit je 0,1 ccm in einem Areal von 4 cm² der enthaarten Rückenhaut des Versuchstieres. 14 Tage später wird eine Injektion von 0,05 ml mit frischbereiteter Testlösung durchgeführt. Ihre Reaktion wird 24 Stunden später mit den Reaktionen verglichen, die die ersten 10 Injektionen auslösten. In ähnlicher Weise wird ein Lämpchentest durchgeführt (185).

2. 2. 4

Prüfung auf kanzerogene Wirkung

Die Fähigkeit, Tumoren zu erzeugen, ist keine Eigenschaft, die in einer Substanz vorhanden ist oder nicht vorhanden ist, sondern ein Phänomen, das von der Art der Applikation, den physikalischen Eigenschaften des Stoffes und vielen noch unbekannten Faktoren abhängig sein kann. Die experimentelle Erzeugung von Tumoren soll daher stets im Vergleich mit Stoffen erfolgen, von denen man weiß, daß sie Krebs erzeugen. Benzpyren und Methyl-Cholanthren können mit Vorbehalt als kanzerogene Standardsubstanzen benutzt werden.

Der Nachweis hochwirksamer Karzinogene ist kein Problem. Dagegen erfordern Grenzfälle zur Sicherung der Aussage, daß ein suspekter Stoff für den Menschen nicht kanzerogen wirkt, eine aufwendige Prüfung an einer großen Anzahl von Tieren und mehreren Tierarten.

Die Dauer der Untersuchung auf kanzerogene Wirkung soll mindestens $\frac{2}{3}$ der Lebenserwartung des Versuchstieres betragen. Die sorgfältige Pflege der Tiere und ständige klinische Untersuchung ist während der Versuche erforderlich (185).

2. 2. 4. 1 Fütterungsversuche

Wenn ein Stoff bei langdauernden Fütterungsversuchen bei Ratten häufiger und früher Karzinome erzeugt, als bei den Kontrolltieren auftreten, ist anzunehmen, daß er für Ratten kanzerogen wirkt. Ob er dann auch für den Menschen kanzerogen wirkt, ist äußerst fraglich (185).

2. 2. 4. 2 Injektionsversuche

Bei Ratten werden mehrmals wöchentlich Injektionen neuer Produkte mit fraglicher kanzerogener Wirkung an immer der gleichen Stelle durchgeführt. Die Ergebnisse führen leicht zu Fehlschlüssen, da auch die wiederholte Injektion von nachweislich harmlosen Stoffen bei dieser Applikationsweise bei Ratten zu lokalen Sarkomen führt (185).

2. 2. 4. 3 Implantationsversuche

Nach Implantation von Kunststofffolien treten bei Ratten Sarkome auf. NOTHDURFT (134) konnte in Versuchen an über 2000 Ratten und Mäusen zeigen, daß Kunststoffe (Hydratzellulose, Polyvinylchlorid und Polystyrol) in Form von Folien, Kugeln, Fäden und Pulvern nicht anders wirken als Gold, Silber, Platin und Elfenbein. Ausschlaggebend für die kanzerogene Wirkung war nur die Form des Materials, und zwar durch Folien jeweils 80 %, durch perforierte Folien

bei 50 %, durch Kugeln und Fäden bei 37 % und durch Pulver aber weniger als bei 1 %.

2.2.5 Testmethoden für zahnärztliche Werkstoffe

2.2.5.1 Füllungsmaterialien

2.2.5.1.1 Versuche an der Pulpa des Tieres

Das Kunststoff-Füllungsmaterial Palakav ist ein Methacrylsäure-Methylester. Zur Erhöhung der Festigkeit sind ihm Glasperlen zugesetzt. Es hat außerdem die Eigenschaft an der Zahnhartsubstanz zu haften. VIOHL (192) untersuchte die Pulpaveränderungen an 6 Beagles. (96 Zähne mit Füllungen aus Amalgam, aus Silikatzement mit und ohne Phosphatzementunterfüllung und aus Palakav) Im histologischen Präparat wurden die stärksten Reaktionen nach ein bis zwei Wochen beobachtet. Amalgam verursachte geringere Veränderungen als Silikatzementfüllungen mit und ohne Unterfüllung oder Palakav. Die ersten Prämolaren blieben zum Vergleich unbehandelt. Als Liegezeiten der Werkstoffe wurden folgende Zeiten gewählt: 1, 2, 8, 15, 39 und 99 Tage. Es sollten damit die kurzzeitigen und langzeitigen Einflüsse auf die Pulpa untersucht werden. Trotz der klinisch guten Pulpenverträglichkeit

des Palakav ist nach den histologischen Befunden an Hundezähnen mit Schädigungen der menschlichen Pulpa zu rechnen. Da zum Teil ausgedehnte Reaktionen zu beobachten sind, ist besonders bei großen und pulpennahen Kavitäten für einen Schutz der Pulpa zu sorgen, womit die Haftung dann allerdings verlorengeht. Die im Palakav für den Schutz der Pulpa vorgesehene Substanz hat offensichtlich nicht die erhoffte Wirkung und reicht nicht aus, um die Reaktion der Pulpa auf das Methacrylat zu vermeiden. Zwar sind nach 99 Tagen nur noch Lymphozyten als Zeichen einer chronischen Entzündung vorhanden, doch ist von Silikatzementfüllungen bekannt, daß nach längerer Zeit sich eine Gangrän einstellen kann, u. U. auch, wenn eine Unterfüllung vorhanden ist. Da ein eindeutiger Unterschied zwischen Silikatzement und Palakav nicht gefunden worden ist, könnten nur langzeitige, klinische und histologische Untersuchungen eine endgültige Klärung bringen.

Die Untersuchungen von HÖFIG (77), die am Göttinger Miniaturschwein zur Pulpaverträglichkeit dieses Methacrylats durchgeführt wurden, zeigten keine Schädigung des Zahnmarks. Amalgam ohne Unterfüllung diente bei den Versuchen als Vergleichswerkstoff, weil es nicht pulpenschädigend ist.

Zur Aufnahme der Füllungswerkstoffe wurden Kavitäten mit einem genormten Bohrer präpariert. Tiefe und Breite waren auf 1,7 mm festgelegt. In einer Sitzung wurde jeweils ein Zahn mit einer Kunststoff-, ein weiterer mit einer Amalgam-Füllung ohne Unterfüllung versorgt. Warm angemischtes Futter schloß einen Temperaturreiz der Pulpa über die Metallfüllung aus. Beim Vergleich der histologischen Bilder beider Füllungen können Präparationsschäden von pathologischen Veränderungen durch das Kunststoffmaterial abgegrenzt werden.

Übersicht

über Behandlungstage und versorgte Zähne

Versuchsdauer

Tage	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Ku. -Flg.		3-	+8				+7		8+		-6	
Am. -Flg.		3+	-8				-7		7-		+6	

Versuchsdauer

Tage	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
Ku. -Flg.				7-		+5				6-		-4
Am. -Flg.				7+		-5				5-		4-

Die bishervorliegenden Untersuchungen umfassen einen Zeitraum vom 16. bis 38. Tag nach Legen der Füllung. An je 9 Zähnen wurde eine Palakav- und eine Amalgamfüllung gelegt. Die Behandlung rief an allen Zähnen eine Sekundärdentinbildung hervor. Nach den bisher vorliegenden Untersuchungen

scheint sie zwischen 2 und 3 Wochen nach der Präparation zu beginnen. Nach 4 Wochen kann bereits eine starke Anlagerung beobachtet werden. Die Reizdentinanlagerung ist bei beiden Materialien annähernd gleich.

Nach 36tägiger Versuchsdauer mit Palakav ist ein geordneter Odontoblastensaum zu erkennen. Er unterscheidet sich nicht von der gesunden Pulpa. Die Reizdentinsschicht ist ca. $160\mu\text{m}$ stark. Durch den schräg gerichteten Verlauf der Dentinkanälchen liegt sie in ihrer größten Ausdehnung apikalwärts der Kavität. Der neue Kunststoff Palakav ruft im Kurzzeitversuch von HÖFIG (77) von 16 bis 38 Tagen keine Zahnmarkschäden hervor, die auf den Werkstoff zurückgeführt werden müssen.

An 114 Zähnen von 4 Hunden wurden von KÖDEL (95) pulpennahe Kavitäten angelegt und diese mit Füllungen aus Dropsin- sowie Phosphatzement und aus Palakav versorgt. Im Beobachtungszeitraum von 14 Tagen bis 7 Monaten ergeben sich mehr oder minder pathologische Resultate. Im histologischen Präparat waren unterschiedliche Veränderungen am Dentin, Odontoblastensaum und übrigen Pulpengewebe festzustellen.

An Zähnen eines Hundes wurde von TESCH (184) symmetrisch je eine Rapid-Palapontfüllung gelegt. Zehn Wochen nach Versuchsbeginn zeigte der eine Zahn die Zeichen einer fluxionalen Hyperaemie, der zweite eine Abszeßbildung.

Insbesondere bei Frontzähnen läßt die Zahnkavität häufig nicht genügend Raum für eine Zementunterlage. Dieser Schwierigkeit glaubt man dadurch zu begegnen, daß man bei flachen Kavitäten als Isolierschicht Lacke oder neutralisierende, flüssige bzw. zu verflüssigende Mittel wie Thymocin verwendet.

SCHUBERT (159) hat sich die Aufgabe gestellt tierexperimentell nachzuprüfen, ob tatsächlich die Kavitätenlacke und die neutralisierenden Präparate eine sichere Gewähr dafür bieten, daß die schädigenden Komponenten dadurch gebannt werden. Es wurden bei Hunden verschiedenen Alters und unterschiedlicher körperlicher Konstitution Zahnkavitäten angelegt und diese vor der Ausfüllung mit Silikatzement mit den verschiedenen Schutzmitteln (wie Tuluol, Obterasol, Imprägnos) versorgt. Es sollte durch gefärbte Silikate festgestellt werden, ob und wie weit gegebenenfalls die gefärbte Phosphorsäure in das

Dentin eindringt und wie die Pulpen bei den verschiedenen Schutzschichten auf die Einwirkung der Silikatzemente reagieren. Die Schliffe von den versorgten Zähnen, die nach dem Abtöten der Tiere angefertigt wurden, zeigten fast einheitlich die Unterbrechung der Lackschicht durch die Farbkomponente des Silikatzementes, so daß die Farbe in den unter der Lackschicht gelegenen Dentinkanälchen zu finden war. Durch die Schrumpfung der Lackschicht während des Trocknens, entstehen Risse und Spalten (159) durch die dann der Farbstoff der überschüssigen Phosphorsäure eindringen kann.

Es hat sich bei diesen Tierversuchen eindeutig bewiesen, daß ein einfacher Lacküberzug der Kavität nicht ausreicht, um das Eindringen der gefärbten Silikatzementflüssigkeit in das Dentin zu verhüten.

Untersuchungen der Zahnpulpa von einem einjährigen Bastardhund erbrachten andere Ergebnisse. Denn TESCH (184) legte Rapid-Palapont mit Unterfüllungen und entnahm nach dreimonatiger Liegedauer den histologischen Bildern:

Unter Verwendung von Phosphatzement (Neutracid) zeigt das Pulpagewebe eine gut erhaltene

Odontoblastenreihe, die Gefäße sind gut gefüllt.

Dient ein Lack als Unterfüllung so sind auch hier eine gut erhaltene Odontoblastenreihe und keine Pulpaveränderung feststellbar.

Der Carboxylat-Zement Durelon wurde tierexperimentell von FESSLER (34) an 21 Kavitäten der Eckzähne und Molaren von Katzen geprüft. Die Pulpen wurden nach einer Liegedauer von 4, 8 und 12 Wochen untersucht. Die Mehrzahl dieser Zähne zeigten keinerlei Reaktionen.

2.2.5.1.2 Versuche an pulpenähnlichem, tierischen Bindegewebe

Durch die Erfahrungen der Implantat-Chirurgie angeregt, wurden Versuche zur Züchtung subepithelialer Gewebsstränge von R. HARNDT (63) unternommen. Das Kreislaufverhalten der Stränge sollte der Pulpa entsprechen und ihre Reaktionen auf Reizeinwirkungen dem Zahnmark möglichst ähnlich sein.

Es wurden im Tierversuch aus dem subepithelialen Gewebe Stränge präpariert. Nach der Durchtrennung eines Endes schob man sie in einen Polyäthylenschlauch und vernähte sie mit dem umgebenden Gewebe. Nach 6 Wochen ist das Röhrchen reaktionslos eingeheilt, der Strang kann nun am

kaudalen Ende durchtrennt und das Röhrchen verschlossen werden.

Nach weiteren 14 Tagen gleicht das Modell kreislaufmäßig dem Zahnmark, das histologische Präparat der Bindegewebsstränge im Polyäthylen-Schlauch zeigt ein faserreiches, derbes Bindegewebe, das keine Ähnlichkeit mit dem lockeren, zellreichen Bindegewebe der Pulpa aufweist.

Außerdem ist die Möglichkeit der Prüfung von Werkstoffen, die nicht in direktem Kontakt zum Weichgewebe verarbeitet werden, mit dieser Versuchsanordnung nicht gegeben.

In einem zweiten Versuch verwendete HARNDT (63) im Sinne des Kieler-Knochen-Spans aufbereitete, menschliche Zähne zur Implantation ins Bindegewebe. Der präparierte Zahn mit dem Bindegewebsstrang wird am kaudalen Ende mit dem ihn umgebenden Gewebe vernäht. Eine Übersichtsaufnahme des nach 6 Wochen entnommenen Präparats zeigt einen Schnitt durch den zentralen Strang und das umgebende Gewebe. Entzündliche Infiltrationen sind nicht zu erkennen. Das Gewebe des zentralen Stranges weist größere Ähnlichkeit mit einer Pulpa auf, als in der ersten Versuchsreihe.

In einem weiteren Versuch wurden enteiweißte Kalbszähne verwandt. Sie lassen sich ohne Schwierigkeiten sowohl im Pulpenkavum mit einer genormten Bohrung versehen, als auch auf der Drehbank im Außendurchmesser standardisieren. Kavitäten lassen sich dann exakt in Umfang und Tiefe definiert anbringen. Der Versuch wurde wie bei der Verwendung menschlicher Zähne fortgeführt. Der größere Durchmesser der zentralen Bohrung und die dadurch günstigeren Durchblutungsverhältnisse gestatten schon nach 4 Wochen die Durchtrennung des Gewebsstranges an einem Ende des Zahnes.

Die Gleichartigkeit der Präparate dieser Versuchsreihe und der mit der Verwendung menschlicher Zähne ist auffallend. Es ist also möglich eine gleichartige Bindegewebsreaktion im Modellversuch zu bewirken, wie im Zahnmark des menschlichen Zahnes.

2.2.5.2 Füllungsmaterialien für Wurzelkanäle

Die bis heute entwickelten Methoden der Gewebezüchtung gestatten es, das Verhalten verschiedener, im Brutraum wachsender Gewebsarten gegenüber chemischen Substanzen, Medikamenten, Desinfizien,

Antibiotika u. a. laufend zu kontrollieren. Es lassen sich Schlüsse auf den wachstumsfördernden, neutralen oder wachstumshemmenden Einfluß ziehen und sie können die Grundlage zur Beurteilung bestimmter Materialien bieten.

MAIZUMI und SAUERWEIN (117) berichten von Untersuchungen der Gewebezüchtung auf Glaslamellen (Methode nach SCHELLENBERG). Als Kulturmateriale wurde Hühnerherzgewebe gegen verschiedene Präparate zur Vitalerhaltung der Pulpa und Wurzelfüllmittel getestet. Die von der Kultur aussprossenden Fibroblasten lassen die grundsätzliche Reaktion des jungen Bindegewebes gegenüber den einzelnen Materialien erkennen, dies gilt sowohl für das Wachstum der Zellverbände allgemein, wie auch für zytologische Abweichungen von der Zelle und des Kerns von der Norm.

Im Brutraum wurden bei 37 bis 38⁰ C Hühnereier bebrütet, deren Wachstum täglich kontrolliert wurde. Nach etwa 9 Tagen hatten sich die Embryonen zu einer für die Versuche notwendigen Größe entwickelt. Sie wurden nun steril aus den Eischalen entnommen. Alle weiteren Manipulationen wurden jetzt steril unter einer gläsernen Kapelle durchgeführt:

1. Präparation des embryonalen Hühnerherzens.
2. Das Herz wird auf einer schwarzen Glasplatte in kleine quadratische Stücke zerteilt.
3. Die Stückchen kommen in Hühner-Embryonalextrakt (zerkleinerte, homogenisierte und zentrifugierte Embryonen, das Sediment wird verworfen).
4. Vorbereitung (Anmischen) der zu untersuchenden Materialien.
5. Dünne Glaslamellen (Größe 7 x 30 mm) werden mit punktförmigen Proben der zu untersuchenden Materialien beschickt und in Reagenzgläser eingebracht.
6. Entweder sofort oder nach 20 Stunden (dann sind flüssige oder dünn-pastöse Materialien erstarrt) wird Hühnerplasma auf die materialbeschickte Seite der Glaslamellen gestrichen.
7. Die Herzstückchen werden im Abstand von 0 mm, 5 mm und 10 mm neben die Materialproben gesetzt. Sämtliche Reagenzgläser mit den präparierten Glaslamellen bleiben etwa 2 Stunden ruhig liegen, bis Plasma und Embryonalextrakt geronnen sind, die Herzstückchen haften fest.

8. Die Reagenzgläser werden mit 3,0 ml Nährmedium (EAGLES Medium mit 10 % Pferdeserum, 100 E/ml Penicillin, 50 ml Streptomycin) gefüllt und kommen nun in geeigneter Lage in den Brutraum.
9. Das Nährmedium wird jeden 2. Tag erneuert.
10. Kontrollen zur Wachstumsbeurteilung der angesetzten Versuchsserie laufen nebenher.

Der toxische Effekt der getesteten Präparate wird bei zunehmender Distanz kleiner. Doch ist das für diesen Versuch charakteristische und wohl brauchbarste Resultat bei 0 mm Distanz abzulesen. Führt man die so geprüften Medikamente in einer von positiv nach negativ strebenden Reihenfolge auf, so ergibt sich folgendes Bild:

A) Präparate zur Vitalerhaltung der Pulpa

1. a Calxyl rot)
 b Drala-Pulp) gleicher Wert
 c Novismal
2. Reogan
3. Pulpal
4. Zinkoxyd
5. Zinkoxyd-Nelkenöl
6. Zinkoxyd-Eugenol

B) Wurzelfüllmittel

- | | |
|---------------------------|-----------------------------|
| 1. Calxyl blau | 8. Fokalmin-Zement-Hermetic |
| 2. Aptalharz-Chloropercha | |
| 3. Rhizosan X | 9. Diaket |
| 4. Chloropercha | 10. N 2 normal |
| 5. AH 26 | 11. N 2 medical |
| 6. Jodoformpaste | 12. Triformazon |
| 7. Cilausik | 13. Triopaste |

(117)

2. 2. 5. 3 Abdruckmaterialien

Die Suche nach genauen, formbeständigen Abdruckmaterialien brachte viele verschiedenartige Massen hervor. In neuerer Zeit sind die Silikonkautschuktypen, die eine Temperaturbeständigkeit bis 250° C auszeichnet, für die zahnärztliche Verwendung im Handel.

Von HATTEMER (65) wurde an Tierversuchen überprüft, ob inkorporierte Prüfkörper die günstigen Materialeigenschaften behalten und wie das Gewebe diesen Fremdkörperreiz beantwortet. Es wurde festgestellt, daß das Material günstige, gewebebiologische Eigenschaften besitzt.

GLOXHUBER und HECHT (66) haben intraperitoneale

Injektionen von Silikonölen an Ratten vorgenommen und innerhalb von 600 Tagen keinen Tumor erzeugen können.

BRUNNER (11) kommt in ihren experimentellen Untersuchungen über Gewebeverträglichkeit verschiedener kaltvulkanisierender Silikone an Ratten zu ähnlichen Ergebnissen.

Von FRAAS (45) wurden Silikonmassen bei 6 Tieren subkutan und bei 2 Tieren auf die Dura mater appliziert. Sie wurden im noch nicht auspolymerisiertem Zustand aufgetragen. Im ersten Fall wurde das Material sofort wieder ausgestoßen. Der Körper reagiert mit Abszeßbildung. Bei einem anderen Tier heilte das Implantat ein, es war aber eine Verklebung mit der deckenden Haut festzustellen. Nach 27 Tagen traten entzündliche Schwellungen auf, deren histologische Untersuchungen Abszeßhöhlen ergaben. Die Applikation auf die Dura mater verursachten Gehirnabszesse, die Tiere starben an ausgedehnter Meningitis.

Es muß festgestellt werden, daß Silikonmassen für Implantationszwecke ungeeignet sind.

2. 2. 5. 4 Implantationsmaterialien

MUTZEK (129) verfolgte den Einheilungsverlauf verschiedener Transplantattypen mittels einer standardisierten Methode an Ratten. Zur Verwendung kamen autoplastische, bei 20⁰ eingefrorene homoioplastische und heteroplastische Knochen in Form des Kieler Spans. Die autoplastischen Späne werden schnellstens eingebaut. Der homoioplastische Span wird gering verzögert eingebaut und langsamer resorbiert. Der Einbau der Heteroplastik entspricht dem der Homoioplastik. Allergische Reaktionen werden nicht ausgelöst.

DRUCKREY (18) und Mitarbeiter konnten durch Implantationen von Folien aus Polycaprolactam, Polyamiden, Polyäthylen und Polystyrol, sowie aus regenerierter Cellulose in Ratten Sarkome erzeugen. Diese tierexperimentellen Ergebnisse wirkten alarmierend, und so wurden zahlreiche Nach- und Neuuntersuchungen veranlaßt. In der Regel scheinen die Ergebnisse für die Ungefährlichkeit des untersuchten Materials zu sprechen.

Zu den Versuchen von DRUCKREY und SCHMÄHL (18) wurden insgesamt 281 Ratten verwendet. Die Tiere gehörten zu Stämmen, die seit 20 Jahren niemals spontan Sarkome aufwiesen. Den Tieren wurden pfe-

niggroße Stückchen aus Hydrocellulose unter die Haut und in die Bauchhöhle implantiert. Von den 50 mehr als ein Jahr lebenden Ratten entwickelten 13 Tiere Sarkome. War die Implantation subkutan erfolgt, so entstand ein einziges riesiges Sarkom, in dessen Tiefe der Kunststoff lag. Der in der Bauchhöhle eingepflanzte Kunststoff erzeugte mehrere kleine Sarkome.

In Fütterungsversuchen mit zerkleinerter Folie, wurde nach zwei Jahren ein Fall von lymphatischer Leukämie mit Infiltrationen in den Lymphknoten der Leber, Milz und Lunge beobachtet. Um Zweifel auszuschließen, wurde Kontrolltieren zerstoßene Glaswolle subcutan und in die Bauchhöhle eingepflanzt. Es entwickelte sich bei keiner Ratte ein bösartiger Tumor.

KLIETZ (91) untersuchte Meerschweinchen nach Implantationen eines Autopolymerisats. Anhand histologischer Bilder und Sektionsbefunde stellte er eine Gewebsreaktion fest. Bei subkutaner Implantation angelegter Kunststoffmassen traten Gewebsschäden lokaler Art und an der Leber ein.

Die Tiere starben mit einer Ausnahme innerhalb der Zeit von 3 - 35 Tagen. Die gleichen Gewebs-

schäden traten nach subkutaner Implantation mit gerade erhärtetem Kunststoff auf. Auf Implantationen von Kunstharzen, die 24 Stunden auspolymerisiert waren, reagierte das Gewebe völlig indifferent.

Die Implantationen des Polymers zeigten keine Gewebsreaktionen, jedoch bei der Subkutaninjektion des Monomers gingen die Tiere sehr schnell unter krampfartigen Zuständen zugrunde.

Ein Nebenversuch, bei dem nach Subkutaninjektion von 0,4 ccm Monomer keine Reaktion eintrat und nach 14 Tagen wiederum 0,4 ccm Monomer intravenös verabfolgt wurde, zeigte folgendes Ergebnis: das Tier erkrankte nach der zweiten Injektion schockartig unter Temperatursturz und Atemlähmung. Es starb nach 35 min.

Hieraus schließt KLIETZ (92) daß nicht der Methacrylsäuremethylester toxisch wirkt, sondern die den Autopolymerisaten als Katalysatoren, Akzeleratoren und Inhibitoren beigemischten organischen Substanzen. Er nimmt an, daß das Trihexylamin die schädlichste Substanz ist. Zunächst ist jedoch nur die Wirkung des Monomers untersucht.

2. 2. 6 Zusammenfassung

THER (185) hat Testmethoden am Tier für die Pharmakologie zusammengestellt. Die Definitionen und Versuchsdurchführungen könnten für die zahnärztliche Werkstoffprüfung ebenfalls Verwendung finden. Die toxische, ätzende, sensibilisierende und kanzerogene Wirkung aller im Munde gebrauchten Werkstoffe sollte vor der klinischen Erprobung im Tierversuch ausreichend getestet sein. Dies gilt besonders für Metalle und Metall-Legierungen, Zemente und Kunststoffe, sowie auch ihre Beimischungen und eventuell freiwerdenden Bestandteile. Tierversuche sind für die Prüfung der Unschädlichkeit eines Werkstoffes von größter Wichtigkeit, weniger Bedeutung zeigen sie für die Bewährung eines Materials in der Mundhöhle.

Bei den Füllungswerkstoffen sind die Reaktionen der tierischen Pulpa von großer Bedeutung. Im Vergleich des in seiner toxischen Wirkung bekannten Silikatzementes mit dem Kunststoff Palakav, konnte kein eindeutiger Unterschied gefunden werden, so daß eine Pulpaschädigung bei einer Fül-

lung mit Palakav ohne Unterfüllung nicht ganz ausgeschlossen werden kann. Ebenso unterschiedlich sind die Ergebnisse über als Pulpaschutzmittel benutzte Lacke. Diese sollen nicht ausreichend sein, das Eindringen von überschüssiger Phosphorsäure aus dem Silikatzement zu verhüten. Daß die Ergebnisse der Tierversuche auf Pulpareaktionen nicht eindeutig sind mag daran liegen, daß die Ausgangsbedingungen nicht vollkommen gleich sein können.

Die Züchtung subepithelialer Gewebsstränge am Tier kann ein Weg sein, Pulpareaktionen unter gleichen Ausgangsbedingungen genauer zu testen.

Wurzelfüllmaterialien lassen sich mit den Methoden der Gewebezüchtung auf wachstumsfördernden, neutralen oder wachstumshemmenden Einfluß testen.

Die verschiedenen Präparate konnten in ihrer Wirkung in Relation zueinander gestellt werden. Von dem Abdruckmaterialien unterlag eine Silikonmasse dem biologischen Test. Bis auf eine Untersuchung zeigte sich gute Gewebeverträglichkeit des Materials.

Die Kunststoffimplantationsmaterialien wurden an Ratten und Meerschweinchen auf die Erzeugung von Sarkomen, Intoxikationen und Schäden lokaler Art getestet. Es zeigte sich, daß nicht der chronische

Reiz des Implantats an sich, sondern allein der implantierte Kunststoff bösartige Tumore erzeugen kann. Besondere Beachtung sollten dabei neben dem Monomer die den Kunststoffen beigefügten organischen Substanzen finden, die noch keiner systematischen Überprüfung unterlagen.

Mit den Tierversuchen ist ein Anfang gemacht worden, in die zahnärztliche Werkstoffkunde systematische, standardisierbare Testmethoden einzuführen. Eine umfassende Prüfung aller verwendeten Materialien und die Klassifizierung der Befunde wird nötig sein, um eine gefahrlosere und effektvollere Behandlung in der Zahnmedizin durchführen zu können.

3.

ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden Arbeit werden die in der deutschsprachigen Literatur auffindbaren biologischen Testmethoden in der Zahnheilkunde zusammengefaßt und beurteilt.

Die Autoren beschreiben Prüfmethode, die Schädigungen, die durch die Behandlungsart oder durch die verwendeten Werkstoffe hervorgerufen wurden, aufzeigen.

Die Untersuchungen über schädigende Einflüsse bei der Behandlung mit hoch- und höchsttourigen Bohr- und Schleifgeräten sind umfassend und für die Zahnheilkunde verwendbar.

Die Prüfmethode über pathologische Erscheinungen an den Zähnen, der Mundschleimhaut oder auch am Gesamtorganismus, die im ursächlichen Zusammenhang mit den Materialien stehen, sind nicht immer zufriedenstellend. Die Zahl der Versuche ist zu gering und ihre Verwendbarkeit für die Zahnheilkunde nicht eindeutig.

In bezug auf die Standardisierbarkeit sind die Laborversuche am besten verwendbar, gegebenenfalls auch die Testmethoden am Tier. Die biologische Prüfung am Menschen ist ungenau, langwierig und schwer durchführbar, deshalb sollte sie auf ein Minimum beschränkt bleiben und erst nach ohne Beanspruchung durchgeführten Labortesten und Tierversuchen erfolgen.

Die Prüfmethoden zur genauen Kenntnis der Bewährung eines Materials in der Mundhöhle sind klar und leicht anwendbar. Die Untersuchungen umfassen die Beurteilung der über kürzere oder längere Zeit im Munde getragenen Materialien, sowie physikalische, chemische und bakteriologische Testmethoden.

Es hat sich gezeigt, daß bei der Durchführung biologischer Testmethoden die Schwierigkeiten in der

Materialbeschaffung, der

Versuchsdauer und den

zahlreichen beeinflussenden Faktoren

liegen.

Die Notwendigkeit der intensiven biologischen Prüfung ist jedoch unbestritten, und so muß versucht werden noch bessere Methoden zu finden. Wenn es gelingt, standardisierbare biologische Testmethoden für alle zahnärztlichen Materialien zu finden, wären die Grundlagen für eine gefahrlosere und effektvollere Anwendung der Werkstoffe gegeben. Da ein spezifischer Index mit Ergebnissen biologischer Testmethoden für in der Mundhöhle verwendeter Materialien noch nicht verfügbar ist, empfiehlt es sich, neue Materialien nicht anzuwenden, bevor ihre biologische Wirkungen auf das Mundgewebe, die Pulpa und den Organismus untersucht sind.

LITERATURVERZEICHNIS

1. ADOLPH, W. : Die Struktur der Dentinoberfläche
nach deren Bearbeitung mit normal- und höchsttourigen Präparationsinstrumenten.
Dtsch. zahnärztl. Z. 14, 1344 (1959)

2. ADOLPH, W. : Untersuchungen über die Oberflächenbeschaffenheit nieder-, hoch- und höchsttourig bearbeiteter Kavitätенwände.
Dtsch. zahnärztl. Z. 14, 949 (1959)

3. BACHERER, H. : Über olygodynamische Eigenschaften der Amalgame.
Dtsch. zahnärztl. Wschr. 20,
280 (1924)

4. BARTELT, I. : Untersuchungen über die Ursache der Pulpenschädigung durch Silikat und Silikonphosphatzement und deren Verhütung.
Med. Diss. FU Berlin 1966.

5. BAUCHWITZ: Über Diffusionsvorgänge in den harten Zahnschubstanzen.
Med. Diss. Greifswald 1921.

6. BERGER, H. : Untersuchungen über Oberflächen- und Farbveränderungen der Prothesenbasiskunststoffe aus Polymethacrylsäuremethylester.
Med. Diss. FU Berlin 1961.

7. BERGER, K.: Untersuchungen über den Einfluß
von Zementen auf die bakterielle
Besiedelung des benachbarten Ge-
webes.
Med. Diss. FU Berlin 1950.
8. BLUMENTHAL, F. und JAFFE, K.: Amalgam-
plomben als Ursache von Queck-
silberdermatitis.
Dtsch. med. Wschr. 55, 1720 (1929)
9. BOCK, B.: Klinische Nachuntersuchungen von
Silikatzementfüllungen.
Med. Diss. FU Berlin 1968.
10. BROICHER, Fr. J.: Über Empfindlichkeitsände-
rungen in der Mundschleimhaut
bei Zahnfüllungen aus Metallen
und Legierungen.
Med. Diss. Köln, 1958.
11. BRUNNER, H.: Experimentelle Untersuchungen
über die Gewebeverträglichkeit
verschiedener kaltvulkanisierender
Silikone an Ratten.
Med. Diss. München 1961.
12. BÜNGER, L.: Klinische und histologische Unter-
suchungen von menschlichen Zäh-
nen mit Caduritfüllungen.
Med. Diss. FU Berlin 1962.
13. CASTAGNOLA, L.: Experimentelle Untersuchung
über im Munde selbstpolymerisie-
rende Kunstharzfüllungen
Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 60, 880 (1950)

14. DEMMEL, H.-J.: Über die Änderung des
pH-Wertes bei Phosphat- und
Polyacrylsäurezementen.
Dtsch. zahnärztl. Z. 25, 295-297 (1970)
15. DIETERLE, H.: Überprüfung der physikalisch-
mechanischen Eigenschaften des
Cadurit als Zahnfüllungswerkstoff.
Med. Diss. FU Berlin 1961.
16. DOLDER, E.: Zahn-, Mund- und Kieferhkd.
5 Bd. Materialkunde, Urban
und Schwarzenberg
München - Berlin 1955.
17. DRUCKREY, H.: Kanzerogene Wirkungen von
Kunststoffolien.
Z. Naturforschung 52.
18. DRUCKREY, H., SCHMÄHL, D. und SCHILDBACH, A.:
Dosis-Wirkungsbeziehung bei
karzinogenen Substanzen.
Naturwissenschaften 48, 56 (1961).
19. DÜNGEL, C.: Untersuchungen über die antibak-
terielle Wirksamkeit von Kupfer-
verbindungen als Zusätze von
Zinkphosphatzementen.
Med. Diss. FU Berlin 1957.

20. EFFINGER, A.: Vergleichende histologische Untersuchungen über die Knochenmarksreaktion von cuprioxydhaltigen Zementen und von Kupferamalgam.
Dtsch. zahnärztl. Z. 9, 1289 (1954)
21. EGLI, A.: Das Verhalten des lebenden Gewebes gegenüber Porzellan und Palapont.
Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 53,
1225 (1943)
22. EICHNER, K.: Zahnärztliche Werkstoffe in klinischer Sicht.
Dtsch. Zahnärztek. Karl Hanser
Verlag München, 24, 34 - 43 (1965)
23. EICHNER, K.: Kunststoff oder Porzellan?
Erfahrungsbericht und werkstoffkundliche Untersuchungen über die zahnfarbige Verkleidung von Brückenzahnersatz.
Dtsch. Zahnärztek. Karl Hanser
Verlag, München, 1967
24. EICHNER, K.: Leitfaden zahnärztlicher Werkstoffe und ihre Verarbeitung.
Berlinische Verlagsanstalt GmbH 1960.

25. EICHNER, K.: Kunststoffe auf dem Gebiet der
Prothetik - eine Standortbestimmung.
Dtsch. Zahnärztebl. 4, 153 (1970)
26. EICHNER, K.: Ergebnisse experimenteller Unter-
suchungen und klinische Erfahrungen
mit Karat-Pure-Gold.
Dtsch. zahnärztl. Z. 19, 858 (1964)
27. EICHNER, K.: Werkstoffkundliche Untersuchungen
und klinische Betrachtungen zur Fül-
lungstherapie mit Zementen.
Dtsch. Zahnärztekal. Karl Hanser
Verlag München, (1966.) 25, 92
28. EICHNER, K.: Ergebnisse wissenschaftlicher Unter-
suchungen über das hoch- und höchst-
tourige Bohren und Schleifen.
Dtsch. zahnärztl. Z. 15, 57 (1960).
29. EICHNER, K.: Normal-, hoch- und höchsttouriges
Bohren und Schleifen.
Wissenschaftliche Untersuchungen und
klinische Folgerungen II. Teil.
Dtsch. zahnärztl. Z. 18, 113 (1963)
30. ENGELHARDT, J. P.: Neue Kunststoffe in der
zahnärztlichen Prothetik.
Zahnärztl. Prax. 20, 193 (1969)
31. ERPENSTEIN, H., RIEDEL, H. und MUTSCHELKNAUSS,
R.: Die ektodermale Dysplasie aus
der Sicht des Zahnarztes
Dtsch. Zahnärztebl. 22 H. 1, 3 (1968)
32. FASSBENDER, E.: Über das Verhalten der Mund-
schleimhaut unter Plattenprothesen.
Med. Diss. Kiel 1955.

33. FECHNER, U.: Temperaturmessungen an Zahnhartsubstanzen beim normal-, hoch- und höchsttourigen Bohren. (Fräsen)
Med. Diss. FU Berlin 1960.
34. FESSELER, A., FETTERROLL, D. und REISS, H.:
Mechanische und histologische
Untersuchungen über "Durelon".
Dtsch. zahnärztl. Z. 26, 241-246 (1971)
35. FEZER, K. H. und SCHRAY, K.: Die Kavitätenwände nach der Präparation mit dem Borden-Airotor.
Quintess. zahnärztl. Lit. 10, 1204 (1959)
36. FINDEISEN, D. G. R.: Asthmabronchiale durch Prothesenstoff im Munde.
In: A. Sylla und D. G. R. Findeisen,
Allergie des Atmungs- und Verdauungssystems und der Haut.
Barth, Leipzig, 1957.
37. FISCHER, C. -H.: Die Amalgamfüllung in Klinik und Experiment.
Vortrag auf der Tg. der Dtsch. Gesellschaft für Prothetik und Werkstoffkunde in Hamburg 20. -22. 4. 61.
38. FISCHER, C. -H., GROSZ, A. und MASUHARA, G.:
Erste Erfahrungen mit einem neuen Kunststoff-Füllungsmaterial.
Dtsch. zahnärztl. Z. 23, 209 (1968)

39. FISCHER, C. -H., GROSZ, A. und MASUHARA, E. :
Erste Erfahrungen mit einem neuen
Kunststoff-Füllungsmaterial.
Dtsch. Zahnärztebl. 23, 251 (1969)
40. FISCHER, C. -H. und KNOLLE, G. : Möglichkeiten
und Erfahrungen in der Füllungsthe-
rapie mit einem haftfähigen Kunst-
stoff.
Zahnärztl. Welt 79, 183 (1970)
41. FISCHER, C. -H., KNOLLE, G. und TAN, A. :
Zur klinischen Kontrolle von Zahn-
füllungen aus einem neuen Kunst-
stoff-Füllungsmaterial.
Dtsch. Zahnärztebl. 23, 251 (1969)
42. FLOHR, W. : Die Implantation von Kunstharzwur-
zeln und ganzer Prothesen als Stütz-
pfeiler für Brücken und Prothesen.
Zahnärztl. Welt 8, 75 - 79 (1953)
43. FLURY, F. und ZERNIK, F. : Zusammenstellung
der toxischen und letalen Dosen für
die gebräuchlichsten Gifte und Ver-
suchstiere.
Abderhaldens Handb. d. biol. Ar-
beitsmeth. Abt. IV, Teil 7 B
44. FORTMANN, I. : Kommt den Amalgamfüllungen der
Zähne eine gegen Quecksilber sensi-
bilisierende Wirkung auf die Haut zu?
Med. Diss. München 1958.

45. FRAAS, K. J.: Gewebereaktionen neuerer Kunststoffe, insbesondere die der Silone.
Med. Diss. München 1960.
46. FREESE, E.: Bakteriologische und materialkundliche Untersuchungen über das Silberamalgam S.
Med. Diss. Göttingen 1955.
47. FRENZ, J.: Materialprüfungen an Kunststoffzähnen und Messungen ihrer Abra-
sion bei abnehmbarem Zahnersatz
mit einer neuen Methode.
Med. Diss. FU Berlin 1955.
48. FRÖHLICH, E.: Das Verhalten des Kieferknochens unter dem Einfluß der schleimhaut-
getragenen Plattenprothese.
Dtsch. zahnärztl. Z. 5, 1222 (1950)
49. FRÖHLICH, E.: Gewebsveränderungen als Folge schleimhautgetragener Prothesen.
Dtsch. zahnärztl. Z. 8, 110 (1953)
50. FROMME, Th.: Über allergische Erscheinungen, welche durch den Werkstoff vom
Zahnersatz ausgelöst werden.
Med. Diss. Düsseld. 1955.
51. FUESS, H.: Statistische und bakteriologische Untersuchungen über den braun-
schwarzen Zahnbelag.
Med. Diss. FU Berlin 1955.

52. GARN, W.: Wird ein Schutz der Pulpa unter Silikatzementen durch eine Unterfüllung gewährleistet?
Med. Diss. Leipzig 1935.
53. GEBSER: Die Einwanderung des Silbers in Agar. Ein Beitrag zur Oligodynamie.
Med. Diss. Leipzig 1934.
54. GINS, MATTIG: Ein Verfahren zur topographischen Mikroskopie des Zahnfleischsaumes.
Zbl. Bakt. I Or. Bd. 146 (1940)
55. GIROD, R.: Experimentelle Untersuchungen über die Bakteriendurchlässigkeit verschiedener zahnärztlicher Kunststoffe und bakteriologische Untersuchungen von im Munde getragenen Kunststoffarbeiten.
Med. Diss. FU Berlin 1968.
56. GODT, H. und LEHMANN, J.: Plastische Füllungsmaterialien und Aktivität einiger Enzyme in bezug auf den Dentinstoffwechsel.
Zahnärztl. Prax. 11, 9 (1970)
57. GRÄF, W.: Thermische Belastung der Zähne.
Dtsch. zahnärztl. Z. 15, 30 - 34 (1960)
58. GRETH, H.: Klinische Untersuchungen über die Verwendbarkeit von massivem Silber zur Wurzelfüllung.
Dtsch. zahnärztl. Wschr. 8
373 (1930)

59. GYUALA MATHE, L.: Kunststoffe
bei Kronen und Brücken.
Urban Schwarzenberg
München - Berlin 1954.
60. HÄUPL, K.: Die Zahn-, Mund- und
Kieferheilkunde.
Verlag Urban Schwarzenberg
München - Berlin 1955.
61. HAMMER: Indikation und Kontraindikation
zur subperiostalen Knochenein-
pflanzung.
Dtsch. zahnärztl. Z. 16,
1114 (1955)
62. HARNACK, F.: Chronische Kupfervergiftung
durch das Tragen von schlech-
ter Goldlegierung im Munde.
Dtsch. med. Wschr.
30, 1516 (1914)
63. HARNDT, R.: Biologische Testmethoden.
Dtsch. zahnärztl. Z.
26, 316 - 326 (1971)
64. HARTUNG, J.: Schwierigkeiten bei der Suche nach
Kontaktekzematoenen in der täg-
lichen Praxis.
In: A. Sylla und D. G. R. Find-
eisen, Allergie des Atmungs-
und Verdauungssystems und der
Haut.
Barth, Leipzig 1957.

65. HATTEMER, A. H.: Silikon - Kautschuk - seine Bedeutung als weichbleibendes Prothesen-Unterfütterungsmaterial und sein Gewebeverhalten.
Zahnärztl. Welt 15, 499 (1965)
66. HECHT, G. und GLOXHUBER, Ch.: Folgen intra-peritonealer Injektion bei Ratten.
Arch. int. Pharmacodyn. 140, 655 (1962)
67. HEIN, W.: Das subperiostale Gerüstimplantat mit Untersuchungen über die Formgebung der Haltestifte.
Med. Diss. München 1957.
68. HENSEL, H. und MANN, G.: Temperaturschmerz und Wärmeleitung im menschlichen Zahn.
Stoma, 9, 76 (1956)
69. HERRENKNECHT, W.: Mundhygiene,
Mschr. Fortschr. Zahnhlk. 1927, III 8.
70. HERRMANN, D.: Erkrankungen der Mundschleimhaut in Praxis d. Zahnheilkunde
Bd. 2, Urban Schwarzenberg
München - Berlin - Wien 1968.
71. HERRMANN, D. und VIOHL, J.: Klinische Untersuchungen mit einem neuen Kunststoff-Füllungsmaterial.
Dtsch. zahnärztl. Z. 23, 212 (1968)

72. HESS, K. G. : *Lingua nigra*.
Med. Diss. Freiburg 1933.
73. HETTINGER: Einfluß der Anrührtemperatur auf
die physikalischen und chemischen
Eigenschaften der zur Zahnfüllung
benötigten Zemente, insbesondere
der Silikatzemente.
Med. Diss. Köln 1939.
74. HEUBNER, W. : Zur Pharmakologie der Reizstoffe.
Naunyn-Schmiedebergs Arch.
107, 129 (1925)
75. HEUSER, H. und LAMMERT, K. : Experimentelle
Unters. der Polyamid- und Polysty-
rolkunststoff-Folienverbände auf ihre
Fähigkeit, die pulpenschädigenden
Einflüsse von Silikatzementfüllungen
zu verhindern.
Stoma 12, 179 (1959)
76. HEYDEN, P. : Experimentelle Untersuchungen
zur Frage der Pulpenschädigung
durch Fluor.
Stoma 2, 212 (1949)
77. HOEFIG, W. : Kurzzeituntersuchungen mit dem
Füllungswerkstoff Palakav.
Dtsch. zahnärztl. Z. 25,
281 - 285 (1970)
78. HOFMANN, M. : Die Temperaturentwicklung im
Pulpenkavum beim Beschleifen
der Zähne.
Dtsch. zahnärztl. Z. 14,
472 (1959)

79. HOLLEMAN, WIBERG: Lehrbuch der anorganischen Chemie, 57. - 70. Aufl.
Walter De Gruyter & Co. Berlin 1964.
80. HOPF, E.: Ekzeme bei Zahnärzten
Dtsch. zahnärztl. Z. 6,
1229 - 37, (1951)
81. HUNKIRCHEN, M.: Ist die Präparation vitaler Zähne ohne ausreichenden Spray bei Anwendung hoher und höchster Umdrehungsgeschwindigkeiten zu verantworten?
Dtsch. zahnärztl. Z. 17, 35 (1962)
82. JACOBSHAGEN, H.: Untersuchungen über die Ursache von Verfärbungsmöglichkeiten der Zahnprothesen aus Polymethacrylsäuremethylester.
Med. Diss. Kiel 1957
83. JAGELLA, S.: Die Sekundärdentinanlagerung unter großen Amalgamfüllungen mit und ohne Unterfüllung.
Med. Diss. München 1960.
84. KEIBEL, J.: Zitiert von D.-H. Fischer im Vortrag:
Die Amalgamfüllung in Klinik und Experiment, auf der Tagung der Deutschen Gesellschaft für Prothetik und Werkstoffkunde.
Hamburg 20. - 22.4.1961

85. KEIBEL, J.: Die Quecksilberabgabe aus
Amalgamfüllungen.
Neue Untersuchungsmethoden
mit Hg²⁰³
Med. Diss. Göttingen 1960.
86. KIMMERLE, G.: Über die Härte des Zahnschmelzes
nach Kavitätenpräparation mit besonde-
rer Berücksichtigung des Airtors.
Med. Diss. Tübingen 1962.
87. KIRSCHNER, H.: Klinische Untersuchungen über Po-
lycarbonat als Zahnfüllungsmaterial.
Dtsch. zahnärztl. Z. 20, 642 (1965)
88. KLAUNICK, J.-D.: Prüfung von silber- und kupfer-
haltigen Zinkphosphatzementen nach der
F.D.I. Spezifikation Nr. 6 und ihrer
bakteriologischen Wirksamkeit.
Dtsch. zahnärztl. Z. 25, 325-332 (1970)
89. KLEEFELD, E.: Darstellung der Theorien über
die Schädlichkeit der Zementfüll-
ungen in menschlichen Zähnen.
Med. Diss. Greifswald 1954.
90. KLEINER, R.: Hat das Gold von Kronen und Füll-
ungen Einfluß auf die bakterielle
Besiedelung des benachbarten Zahn-
fleisches?
Med. Diss. FU Berlin 1953.

91. KLIETZ, P.: Über die Gewebsreaktion bei Implantation eines Autopolymerisates.
Med. Diss. FU Berlin 1953.
Über Gewebsreaktion bei
92. KLIETZ, P.: Implantation eines Autopolymerisates.
Zahnärztl. Rdsch. 9 (1954)
262-266
93. KLOS, H. und ROTTKE, R.: Experimentelle Untersuchungen zum Temperaturproblem beim höchsttourigen Bohren und Schleifen mit Turbinengeräten.
Dtsch. zahnärztl. Z. 15, 1659 (1960)
94. KNOLLE, G.: Gewebeverträglichkeit von Silikonen
Dtsch. zahnärztl. Z. 15,
793 und 853 (1960)
95. KÖDEL, G.: Reaktionen der tierischen und menschlichen Pulpa unter Palakav-Füllungen im histologischen Bild.
Vortrag: 97. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde.
Berlin 10. 9. - 13. 9. 1970.
96. KÖHLER, E.: Über das biologische Verhalten zahnärztlicher Füllmaterialien im Munde.
Dtsch. zahnärztl. Z. 14, 1294 - 1305,
1475 - 1491 (1959)
97. KÖHLER, E.: Experimentelle Untersuchungen über die Ausbreitung von Fremdstoffen in den menschlichen Zahnhartgeweben.
Dtsch. zahnärztl. Z. 20,
717 - 736 (1965)

98. KRAUS, G. : Diffusion von Amalgam ins Dentin.
Med. Diss. München 1949.
99. KREKEL, A. -P. : Sind Implantate praxisreif?
Zahnärztl. Prax. 21, 101 (1970)
100. KRÖNCKE, A. : Klinische Erfahrungen mit Silikon-
Abdruckmassen bei der indirekten
Inlagetechnik.
Dtsch. zahnärztl. Z. 11, 678 (1957)
101. KRÖNCKE, A. und KIMMERLE, G. : Über die Härte
des kavitätennahen Zahnschmelzes nach
konventioneller und höchsttouriger Prä-
paration.
Dtsch. zahnärztl. Z. 17, 1158 (1962)
102. KRÖNCKE, A. , GÜLZOW, H. J. und MAYER, R. :
Gesundheitsgefährdung durch Quecksil-
ber in der zahnärztlichen Praxis?
Dtsch. Zahnärztebl. 17, 643-48 (1963)
103. KROPP, R. : Untersuchungen über den Quecksilberdampf-
gehalt in der Luft zahnärztlicher Praxen.
Zahnärztl. Mitt. 53, 849 (1963)
104. KUCK, M. : Reizungen der Mundschleimhaut durch
Farbzusätze der Prothesenwerkstoffe.
Dtsch. zahnärztl. Z. 11, 678 (1956)
105. LANGELAND, K. : Biologische Prüfungsverfahren für
Dentalmaterialien.
Vortrag: 97. Jahrestagung der Deutschen
Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kiefer-
heilkunde, Berlin, 10. 9. - 13. 9. 1970.

106. LANGE LAND, K.: Biologische Prüfverfahren
zur Beurteilung zahnärztlicher
Materialien.
Dtsch. zahnärztl. Z. 20,
1291 - 1299 (1965)
107. LANGER, H.: Das Schleimhautbrennen beim
Tragen von Akrylatplatten.
Dtsch. zahnärztl. Z. 11, 1321 (1956)
108. LAUVEN, P.: Über die Natur der Zahnzemente.
Med. Diss. Aachen 1953.
109. LENZ, H. und VIOHL, J.: Werkstoffkundliche
Untersuchungen mit einem neuen
Kunststoff-Füllungsmaterial.
Dtsch. zahnärztl. Z. 23, 218 (1968)
110. LINKE, S.: Untersuchungen von Kavitätenrändern
die mit Schleifkörpern in verschie-
denen Drehzahlbereichen bearbeitet
wurden.
Dtsch. zahnärztl. Z. 15, 33 (1960)
111. LIPP, R.: Kunststoffe und ihre schädigende
Komponente als Prothesen- und
Implantationsmaterial.
Med. Diss. Düsseldorf 1954.
112. LOEBICH, O.: Können Metalle im Munde Ge-
sundheitsschäden hervorrufen?
Zahnärztl. Prax. 5, 9 (1954)

113. LOPAU, W.: Ein Beitrag zu neueren Untersuchungsmethoden der sog. selbstpolymerisierenden Kunststoffe. (Palavit F, Hexacryl Doppelstern, Orthofil)
Med. Diss. Hamburg 1954.
114. MACH, W. J.: Metalle im Mund
Dtsch. zahnärztl. Z. 11, 1466 (1956)
115. MAEGLIN, B.: Auswirkungen der Kavitätenpräparation mit höchsten Geschwindigkeiten in histologischen Untersuchungen.
Schweiz. Mschr. Zahnhk. 70,
877 (1960).
116. MAEGLIN, B.: Kunstharzfüllungen und Pulpa.
Schweiz. Mschr. Zahnhk. 62,
712 (1952)
117. MAIZUMI, H. und SAUERWEIN, E.: Die Wirkung verschiedener Vitalerhaltungs- und Wurzelfüllmittel auf Gewebekulturen.
Dtsch. zahnärztl. Zschr. 17,
1628 - 1635, (1962)
118. MARXKORS, R.: Korrosionsvorgänge verursacht durch metallische Werkstoffe im Munde des Patienten.
Dtsch. zahnärztl. Z. 18, 377 (1964)
119. MARXKORS, R.: Korrosionserscheinungen an Amalgamfüllungen und deren Auswirkungen auf den menschlichen Organismus.
Dtsch. Zahnärztebl. 4, 170 (1970)

120. MATHIS, H. und HERRMANN, D.: In Leitfaden
zahnärztlicher Werkstoffe und
ihrer Verarbeitung.
Karl Eichner, (Hrsg.) Berlinische
Verlagsanstalt, 2. Aufl. 1967 S. 151
121. MICHEL, H.: Die Allergie und ihre Bedeutung
für die Zahnheilkunde.
Dtsch. Zahnärztek. Karl Hanser
Verlag München, 18, 126-129 (1959)
122. MILLER, W. D.: Lehrbuch der konservierenden
Zahnheilkunde, Leipzig 1903.
123. MOCKE, W.: Untersuchungen durch Neutronen-
aktivierung über den diffundierten
Elementgehalt von Zähnen mit
Amalgamfüllungen.
Med. Diss. FU Berlin 1966.
124. MÖLLER, W.: Schädigungen im Bereich des Kreis-
laufes und des Verdauungstraktes,
verursacht durch verschiedene Me-
talle im Munde.
In: "Therapie der Herderkrankungen",
herausg. von K. und E. Thielemann,
K. Hanser, München 1954.
125. MOGG, E.: Experimentelle und klinische Unter-
suchungsmethoden über ein neuarti-
ges Füllungsmaterial für Frontzähne
(Cadurit).
Med. Diss. Tübingen 1960.

126. MOOSDORF, M. : Implantations- und Magnetprothesen.
Zahnärztl. Rdsch. 3, 794 (1952)
127. MÜHLEMANN, H. R. und RATEITSCHACK, K. :
Airotorpulpen.
Zahnärztl. Rdsch. 68, 307 (1959)
128. MUTSCHELKNAUS, E. : Enossale Implantation von Porzellankörpern.
Quintess. zahnärztl. Lit.
21, 4128 (1970)
129. MUTZEK, F. : Die biologischen Grundlagen der Knochentransplantation, untersucht an auto-, homolo- und heterologen Transplantaten.
Med. Diss. München 1964.
130. NESSWETHA, E. C. S. : Zur Problematik der experimentellen Sarkomauslösung durch einige Kunststoffe.
Dtsch. Ges. Wesen 15, 624 (1960)
131. NOLDEN, R. : Über die Bakteriendichte neuerer plastischer Füllungsmaterialien.
Vortrag gehalten am 8.11.1969 auf der Fortbildungstagung der Zahn- und Kieferklinik der Universität Köln.
132. NOLDEN, R. und PULVERER, G. : Untersuchungen über die Dichte von Phosphatzementen, Silikatzementen und Autopolymerisaten gegenüber Bakterien.
Dtsch. zahnärztl. Z. 23, 805 (1968)

133. NORMAN, R. D., SWARTZ, M. S.,
PHILLIPS, R. W. und VIRNAMI, R.:
Ein Vergleich der intraoralen Des-
integration von drei Zementen.
Quintess. zahnärztl. Lit. 21, 4034 (1970)
134. NOTHDURFT, H.: Experimentelle Sarkomaus-
lösung durch eingeheilte Fremd-
körper.
Strahlentherapie 100, 192 (1956)
135. OKINO, S. und HAYAKAWA, R.: Über das biolo-
gische Verhalten der Gewebe gegen-
über zahnärztlichen Legierungen.
Ref. Zbl. ges. Zahn-Mund-Kieferhk.
H. 2, 1941.
136. ONTRUP, D.: Wirkungen rotierender Instrumente
auf den Schmelz menschlicher Zähne.
Med. Diss. FU Berlin 1958.
137. PALAZZI, D.: Über die anatomischen Verände-
rungen der Zahnpulpa im Gefolge
von Silikatzementfüllungen.
Z. Stomat. 21, 279 (1923)
138. PANTKE, H., LEHMANN, H. und GRAUL, E. H.:
Experimentelle Untersuchungen zur
Frage des Pulpenschutzes unter
Silikatfüllungen.
Zahnärztl. Prax. 26, 97 (1965)

139. PETRI, E.: Pathologische Anatomie und
Histologie der Vergiftungen.
Handb. d. spez. Pathol., Anat. u.
Histol. 10, Springer, Berlin 1930.
140. POHLING, W.: Experimentelle Untersuchungen
von Kunststoffzähnen und Kunststoffen
für Kronen- und Brückenverkleidung.
Med. Diss. FU Berlin 1965.
141. POHLMANN - MOOY, A.: Temperaturmessungen
an Zahnhartsubstanzen beim normal-,
hoch- und höchsttourigen Schleifen.
Med. Diss. FU Berlin 1962.
142. POTH, E.: Systematische Zusammenstellung aller
in der Literatur auffindbaren Krank-
heitsfälle, sowohl lokaler als auch
allgemeiner Art, als deren Ursache
Amalgamfüllungen in der Mundhöhle
genannt werden.
Med. Diss. München 1957.
143. RAUBER, G.: Die Wirkung der Reibungswärme auf
das Dentin.
Dtsch. zahnärztl. Z. 17, 806 (1962)
144. REDTENBACHER, K.: Das ATR-System
Verlag "Die Quintessenz", Berlin 1968.
145. REICHENBACH, E.: Spezielle Chirurgie in der Zahn-,
Mund- und Kieferheilkunde.
(Lehrbuch der klinischen Zahn-, Mund-
und Kieferheilkunde, 3. und 4. Aufl.,
Bd. 1)
Barth, Leipzig 1968.

146. RIEDEL, H. und HÄUPL, K.: Zähne und Zahn-
halteapparat in Doerr-Uehlinger.
Spezielle pathologische Anatomie.
Bd. I, Springer-Verlag
Berlin-Heidelberg-New York 1966.
147. RIEDEL, H., VAHL, J. und WINKELMANN, G.:
Untersuchungen über die Mikromor-
phologie getragener "Palakav"-Fül-
lungen mit Hilfe des Raster-Elektro-
nenmikroskopes.
Vortrag: 97. Jahrestagung der
Deutschen Gesellschaft für
Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
Berlin 10.9. - 13. 9. 1970.
148. RINNE, K.-H.: Untersuchungen über freie Säure
bei Silikatzementen und über geeig-
nete Pulpenschutzmittel.
Med. Diss. FU Berlin 1953.
149. RITTER, R. und SCHWINDLING, R.: Reaktion
des Knochens bei Gerüstimplantationen.
Deut. Zahn-, Mund- und Kieferhkd.
49, 100 (1967)
150. RITZE, H.: Abrasion der Kunststoffzähne.
Zahnärztl. Prax. 12, 111 (1961)
151. RÖSE, KANTOROWICZ, FISCHER, G., REBEL,
DOLDER, E.: Nichtedle Metalle.
Die Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
Bd/5 München - Berlin 1955.

152. RUBINSTEIN, J.: Korrosion der unpolierten-
und polierten Amalgamfüllung.
Schweiz. Mschr. Zahnheilk.
8, 647 (1963)
153. SCHACH, H.: Biologische Probleme zur
Amalgamfrage.
Zahnärztl. Prax. 14, 161 (1965)
154. SCHÄFER, W.: Die Bedeutung des Versuchs-
tier-Materials für die biologische
Wirksamkeits-Messung.
Arb. Paul-Ehrlich-Inst. 51, 45 (1954)
155. SCHMIDT - RUPPIN, K. H.: Krebs, karzinogene
und antineoplastische Stoffe.
Ullmanns Enzyklopädie der tech-
nischen Chemie 10, 762 (1958)
156. SCHOLZ, J.: Über Erfahrungen mit verschiede-
nen Methoden zur Ermittlung der
Haut- und Schleimhautverträglich-
keiten von Chemikalien.
Naunyn-Schmiedebergs Arch.
232, 1, 241 (1957)
157. SCHROEDER, A.: Schnellhärtende Kunststoffe.
In K. Eichner: "Leitfaden zahn-
ärztlicher Werkstoffe und ihre
Verarbeitung",
2. Aufl. Berlinische Verlagsanstalt,
Berlin 1967, S. 125

158. SCHUBERT, L.: Temperaturmessungen im Zahn während des Schleif- und Bohrvorganges mittels Lichtstrichgalvanometers.
Zahnärztl. Welt 58, 443 (1957)
159. SCHUBERT, L.: Über Fragen des Pulpaschutzes aufgrund tierexperimenteller Ergebnisse und klinischen Beobachtungen.
Dtsch. zahnärztl. Z. 6, 3 (1951)
160. SCHWARZE, H.: Über das Verhalten von Amalgamfüllungen im Munde. Untersuchungen über das Eindringen von Metallteilchen in die Zahnhartsubstanzen mit Hilfe von Spektralanalyse.
Med. Diss. München 1951.
161. SCHWINDLING, R.: Sind Implantate praxisreif?
Zahnärztl. Prax. 11, 14 (1970)
162. SCHWINDLING, R.: Alloplastische Implantate in der Zahnheilkunde.
Med. Diss. München 1960.
163. SEIDEL, H.: Veränderungen der Mundschleimhaut durch Dauerberührung mit Brücken- zwischengliedern, unter besonderer Berücksichtigung der Gewebsfreundlichkeit des im Vakuum gebrannten Porzellans.
Med. Diss. FU Berlin 1955.

164. SEIFERT, D.: Klinische und experimentelle Prüfung von Unifolan I Kavitätenlack, Caviplast und Cervin als Pulpenschutzmittel unter Silikatzementfüllungen.
Med. Diss. Köln 1958.
165. SIEGMUND, S. W.: Untersuchungen über die Ursachen von Sprüngen und Brüchen zahnärztlicher Kunststoffprothesen.
Med. Diss. FU Berlin 1967.
166. SPIEGL, R.: Allergien auf zahnärztliches Prothesenmaterial unter besonderer Berücksichtigung von Fernreaktionen.
Med. Diss. München 1966.
167. SPRENG, M.: Über Allergieprobleme in der Stomatologie.
Beilage zur Dtsch. med. Wschr.
Stuttgart 13, 2 (1953)
168. SPRENG, M.: Allergie und Zahnmedizin Bd 2
Johann Ambrosius Barth, Leipzig 1963.
169. SPRETER VON KREUDENSTEIN, Th.: Kariestherapie mit schnellhärtendem Kunststoff.
Carl Hanser, München, 1952
S. 50 - 51.
170. SPRETER VON KREUDENSTEIN, Th.: Kariestherapie mit schnellhärtenden Kunststoffen.
(Zahnheilkunde in Einzeldarstellungen 9.)
Carl Hanser, München, 1952.

171. SPRETER VON KREUDENSTEIN, Th. und BUSCH:
Kunststoffe bei Kronen und Brücken
von L. Gyula Mathe
Urban-Schwarzenberg, München und
Berlin 1954.
172. SPRETER VON KREUDENSTEIN, Th.: Mittel zum
Schutze der Pulpa bei der Füllung mit
schnellhärtendem Kunststoff.
Dtsch. zahnärztl. Z. 6, 1382 (1951)
173. STAEGEMANN, G.: Die gewebliche Reaktion der
Mundhöhlenschleimhaut auf den Kon-
takt mit Prothesen.
Dtsch. Stomat. 5, 73 (1955)
174. STARK, R.: Über die biologische Indikation
der Prothesenbasisstoffe.
Dtsch. zahnärztl. Wschr. 34 (1940)
175. STEIN, U.: Die thermischen und mechanischen
Einflüsse auf die Zahnhartsubstan-
zen menschlicher Zähne durch nor-
mal-, hoch- und höchsttourige Prä-
paration.
Med. Diss. FU Berlin 1964.
176. STOCK, A.: Die Gefährlichkeit der Quecksilber-
dämpfe und der Amalgam-Zahnfüllungen.
Med. Klin. 24, Teil 1, 1114,
Teil 2, 1154 (1928)
177. STOCK, A.: Die chemische Quecksilber- und
Amalgamvergiftung
Zahnärztl. Rdsch 9/10 (1939)

178. STRACK, R.: Für und Wider den Kunststoff.
Dtsch. zahnärztl. Z. 97, 133,
233, 370 (1947)
179. STRASSBURG, M. und KNOLLE, G.:
Füllungstherapie mit Palakav.
Dtsch. zahnärztl. Z. 26, 247-252
(1971)
180. STÜBEN, J.: Experimentelle Untersuchungen
über die Wärmeleitfähigkeit der
Zahnhartsubstanzen sowie verschie-
dener zahnärztlicher Werkstoffe.
Dtsch. zahnärztl. Z. 17, 25 (1962)
181. STÜBEN, J. und HOPPE, W. F.: Experimentelle
Untersuchungen über die Temperatur-
veränderungen in der Zahnhartsubstanz
beim höchsttourigen Bohren und Schlei-
fen.
Dtsch. zahnärztl. Z. 17, 1 (1962)
182. SUE, A.: Untersuchungen über die bakterizide
Wirkung von zur Wurzelkanalbehand-
lung gebrauchten Amalgame auf die
Bakterien des Wurzelkanals.
Med. Diss. Göttingen 1951.
183. TELEKY, L.: Gewerbliche Vergiftungen,
Berlin-Göttingen-Heidelberg 1955, 83-103

184. TESCH, G.: Histologische Untersuchungen der Zahnpulpa nach der Verwendung von Rapid-Palapont als plastisches Füllmaterial bei Menschen und Hunden.
Med. Diss. FU Berlin 1950.
185. THER, L.: Grundlagen der experimentellen Arzneimittelforschung.
Wiss. Verlagsgesellschaft
Stuttgart 1965.
186. TITKEMEYER, W.: Die Präparation und Versorgung lebender Zahnhartsubstanzen.
Zahnärztl. Welt 8, (1957)
187. TOFAUTE, W.: Werkstoffe für die Herstellung von Zahnersatz aus Chrom-, Nickel-, Stahl-, Kobalt-, Chrom-, Molybdän- und nickelhaltigen Kobalt-Chrom-Legierungen.
Techn. Mitt. Krupp 14, Nr. 3 (1956)
188. TREBITSCH, H.: Über oligodynamische Silberwirkung.
Z. Stom. 12, 1090 (1929)
189. UHLIG, H.: Wanderung von Amalgamteilchen durch das Dentin.
Med. Diss. Leipzig 1936.
190. UHLIG, H.: Grundsätzliches, Anwendungsmöglichkeiten und Technik implantatverankerter Prothesen.
Dtsch. Zahnärztek. Karl Hanser Verlag,
München, Jahrg. 19, 1 - 17 (1960/61)

191. VEST, G.: Histologische Untersuchungen über die Reaktion der Schleimhaut auf Dauerberührung mit Metallbrückengliedern fester Brücken.
Schweiz. Mschr. Zahnheilk.
4, 291 (1933)
192. VIOHL, J.: Histologische Reaktionen der Hundepulpa auf Füllungen aus Palakav.
Dtsch. zahnärztl. Z. 25, 379-389 (1970)
193. VOGEL, R.: Die Metallurgie der Kupferamalgame
Zahnärztl. Prax. Nr. 11 (1955)
194. VOLKMANN, H.: Medizinische Terminologie.
Urban. Schwarzenberg Verlag
München-Berlin 1951.
195. WANNENMACHER, E.: Die Prothese als schädigender Faktor durch Reizwirkung auf die Schleimhaut.
Dtsch. zahnärztl. Z. 9, 89 (1954)
196. WANNENMACHER, E., HOFER, REICHENBACH, SPRETER VON KREUDENSTEIN:
Lehrbuch der klinischen Zahnheilkunde.
Bd. 2, 3. und 4. Aufl. 1966.
Johann Ambrosius Barth, Leipzig.
197. WEDER, M.: Über Veränderungen der Pulpa des menschlichen Zahnes nach Bearbeitung mit diamantbelegten Schleifkörpern unter Verwendung von Bohrgeräten aller Umdrehungsbereiche.
Med. Diss. FU Berlin 1960.

198. WEIKART, P.: Leitfaden der zahnärztlichen
Werkstoffkunde.
Carl Hanser Verlag, München 1950.
199. WEIKART, P.: Werkstoffkunde für Zahnärzte
4. Aufl. Carl Hanser, München 1966.
200. WENDEBORN, H.: Metallablagerungen im Zahn-
hartgewebe amalgamgefüllter Zähne.
Med. Diss. Leipzig 1934.
201. WERNER, C.-J.: Über alloplastische Implan-
tationsmaterialien und ihre Ver-
wendung in der Zahnheilkunde
unter besonderer Berücksichtigung
der amerikanischen Literatur.
Med. Diss. FU Berlin 1953.
202. WERNER, C.-J.: Über bakteriologische Unter-
suchungen mit antiseptischen Unter-
lagezementen.
Dtsch. zahnärztl. Z. 14, 149 (1953)
203. WERNER, U.: Verteilung und Lokalisation
abgewandelter Amalgamteilchen
im Zahnhartgewebe.
Med. Diss. Leipzig 1935.
204. WIECHOWSKI, W.: Die Messung pharmakologischer
Wirksamkeit am lebenden Tier, insbe-
sondere die Ermittlung der minimal
tödlichen Gabe und die biologische
Definition von Meßpräparaten.
Naunyn-Schmiedebergs Arch.,
Kongr.-Ber. 128, 135 (1928)

205. WINKLER, K.: Untersuchungen der Härte getragener Amalgamfüllungen und Darstellung von Verarbeitungsfehlern.
Med. Diss. FU Berlin 1966.
206. WOLF, K.-H.: Über bakterienfeindliche Eigenschaften einiger Werkstoffe in der Zahnheilkunde.
Med. Diss. FU Berlin 1953.
207. WULFF, G.: Experimentelle Untersuchungen über die lineare thermische Expansion schnellhärtender Kunststoffe, Zemente, Schmelz, Dentin und Knochen.
Med. Diss. Kiel 1955.
208. WUNDERER, S.: Klinische Erfahrungen mit der Gerüstimplantation.
Zahnärztl. Welt 17 (1969)
209. ZALEWSKY, H.: Vergleichende Untersuchungen über die bakterizide Kraft von Kupferamalgamen, Kupferzementen und einem neuen Kadmiumamalgam. Ein Vorschlag zur totalen Ausnutzung der oligodynamischen Metallwirkung im Hinblick auf die Wurzelbehandlung.
Med. Diss. Göttingen 1953.

Lebenslauf

Am 23.6.1943 wurde ich als Tochter des Zahnarztes Dr. Mathieu Mathias und seiner Ehefrau, der Zahn-technikerin Hildegard, geb. Schmidt, in Berlin geboren.

1949 wurde ich in die St. Marienschule in Berlin-Neukölln eingeschult und legte dort 1962 die Reifeprüfung ab.

Nach dem Abitur arbeitete ich als Praktikantin im Städtischen Krankenhaus Neukölln. Im Wintersemester 1962/63 begann ich an der Freien Universität Berlin das Studium der Zahnheilkunde und bestand dort 1965 das zahnärztliche Physikum. Das klinische Studium absolvierte ich ebenfalls in Berlin, wo ich im Frühjahr 1968, nach bestandenem Staatsexamen, die zahnärztliche Approbation erhielt.

Von Januar 1970 bis Juni 1972 absolvierte ich meine Assistentenzeit in einer Berliner Praxis und bin seit Juli 1972 in eigener Praxis in Berlin tätig.

Mit der Anfertigung der vorliegenden Dissertation begann ich ein Jahr nach dem Staatsexamen.

*Tetra Sloboch
geb. Mathias*

